

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAGDA APARECIDA MAIA MASETTO

**ÁCIDO GIBERÉLICO E EXTRATO DE ALGA MARINHA NA
PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE
LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)**

**CURITIBA
2009**

MAGDA APARECIDA MAIA MASETTO

**ÁCIDO GIBERÉLICO E EXTRATO DE ALGA MARINHA NA
PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE
LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Deschamps

**CURITIBA
2009**

Dedico

*Ao meu esposo José Ricardo
e aos meus queridos filhos,
Tiago, Roberto, Guilherme e Henrique.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida.

Ao meu esposo José Ricardo, que com muito carinho e compreensão sempre me incentivou;

Aos meus filhos Tiago, Roberto, Guilherme e Henrique que, mesmo crianças conseguiram compreender a minha ausência durante esta jornada;

Aos meus pais Sebastião e Glória e minha irmã Sâmia pelo apoio e incentivo;

Ao meu orientador Professor Dr. Cícero Deschamps, pela confiança e paciência ao me orientar com dedicação,

À amiga Cristina, pelo incentivo e companheirismo;

Ao Professor Wanderlei pela oportunidade da especialização;

Ao Professor Átila pela ajuda nos experimentos.

À Universidade Federal do Paraná pela chance de me tornar Mestre;

Agradeço também à CAPES pela bolsa concedida;

À Coordenadora do programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, da Universidade Federal do Paraná, Prof^a. Dr^a. Francine Lorena Cuquel e ao Vice-coordenador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi;

Aos colegas do Laboratório de Ecofisiologia; Rafaelen, Rodrigo, Deise, Jéferson, Fabio, Inês, Lury, Leila, Vera, Marcio e Gilnei pela ajuda nos experimentos e pelos momentos de descontração;

Aos colegas que compartilharam as mesmas disciplinas.

À colega e Dr^a Lílian Cristina Côcco

À EMBRAPA Alimentos – Rio de Janeiro, pesquisador Dr. Humberto Rizzo;

Aos técnicos do Laboratório de Fitotecnia, Maria Emilia e Sr. Rainerio, pela ajuda nos experimentos conduzidos em casa de vegetação;

Ao Sr. Altair e Sr. Miguel pelos cuidados com o experimento realizado no Centro Experimental do Canguiri, UFPR;

À Secretária do Departamento de Pós Graduação em Agronomia, Lucimara Antunes;

E a todos meus amigos que de alguma forma colaboraram pelo desenvolvimento deste trabalho, em especial a minha amiga Juciane,

Meu muito obrigada!

RESUMO

A *Lavandula dentata* L. é nativa da região do Mediterrâneo e possui hábito perene. No Brasil é conhecida por lavanda e alfazema e seu cultivo destina-se a fins ornamentais. Suas propriedades medicinais e terapêuticas agregam importância econômica, as quais estão associadas à presença do óleo essencial nas inflorescências e folhas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estágio de desenvolvimento floral das inflorescências de *L. dentata* e o efeito da aplicação de giberelinas (GA_3) e extrato de alga marinha (*Ascophyllum nodosum*) na biomassa, teor, produtividade e composição do óleo essencial. Dois experimentos foram conduzidos. O primeiro em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 3×2 comparando estádios de desenvolvimento floral (botão, pré-antese/antese e flor senescente) e épocas de colheita (maio e julho). O segundo experimento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3×3 , avaliado o efeito de GA_3 (0, 100 e 200 $mg.L^{-1}$) e extrato de alga marinha - EAM (0, 15 e 30 $mg.L^{-1}$). Houve interação entre as épocas de colheita e desenvolvimento floral para o teor de óleo essencial. O teor de óleo essencial foi superior no estágio de botões, em ambos os períodos de colheita. Os estádios de desenvolvimento não afetaram o teor de óleo essencial das folhas. O óleo essencial das inflorescências apresentou alto teor de β -pineno e limoneno e baixo de linalol e α -fenchol em relação às folhas. A aplicação de 100 $mg.L^{-1}$ de GA_3 aumentou a biomassa das inflorescências em estágio de antese, porém a aplicação das concentrações de GA_3 e EAM não afetaram a biomassa de botões. A produtividade do óleo essencial das inflorescências no estágio de antese também aumentou com a aplicação de 100 $mg.L^{-1}$ de GA_3 , mas houve redução da produtividade de óleo essencial no estágio de botões. A aplicação de 30 $mg.L^{-1}$ de EAM isolada ou combinada com 200 $mg.L^{-1}$ de GA_3 afetou a composição do óleo essencial das inflorescências, resultando na redução do teor de 1,8-cineol e cânfora.

Palavras chave: Lavanda. Planta aromática. Óleos essenciais. 1,8-Cineol. Cânfora. Linalol.

ABSTRACT

Lavandula dentata L. is a Mediterranean native plant with perennial growth. In Brazil it is known as lavender or alfazem and it is usually cultivated as an ornamental plant, even though both medicinal and therapeutic properties are also economically important due to the presence of essential oil in inflorescences and leaves. This work evaluated the effect of floral development stages of *L. dentata*, and the influence of gibberellins (GA₃) and seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* in floral biomass as well as on the essential oil content, productivity and composition. Two experiments were carried out. The first one in completely randomized design with a 3x2 factorial evaluating floral development stages (bud, early anthesis/anthesis and senescent flower) and harvesting times (May and July). The second experiment was in randomized blocks in 3x3 factorial design to evaluate GA₃ (0, 100 and 200 mg.L⁻¹) and seaweed (0, 15 and 30 mg.L⁻¹) levels. There was effect of harvesting time and floral development on essential oil yield of flowers. Higher essential oil yield was observed in buds than in other developmental stages in both harvesting times. The developmental stages did not affect the leaf essential oil yield. The essential oil from inflorescences showed higher content of β-pinene and limonene and lower of linalool and α-fenchol than from leaves. The use of 100 mg.L⁻¹ of GA₃ increased the biomass of inflorescence at anthesis stage; however the applications of GA₃ and EAM did not affect the bud biomass. The essential oil productivity of inflorescences at the anthesis stage also increased with applications of GA₃ at 100 mg.L⁻¹, but reduced the essential oil productivity of buds. The use of seaweed applications at 30 mg.L⁻¹, alone or combined with 200 mg.L⁻¹ of GA₃ affected the essential oil composition of inflorescences, reducing the levels of 1,8-cineol and camphor.

Key words: Lavender. Aromatic plant. Essential oils. 1,8-Cineole. Camphor. Linalool.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1-	INFLORESCÊNCIAS DE LAVANDA (<i>Lavandula dentata</i> L.).....	24
FIGURA 2-	TRICOMAS GLANDULARES PELTADOS (TGP), TRICOMAS TECTORES (TT) DE LAVANDIN “ABRIAL” (<i>L. angustifolia</i> MILLER X <i>L. latifolia</i> MEDIKUS)	27
FIGURA 3-	TRICOMAS GLANDULARES PELTADOS EM <i>L. pinnata</i> L.	28
FIGURA 4-	MÉDIAS MENSAIS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS, PRECIPITAÇÃO, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, JAN./ABR., 2008	44
FIGURA 5-	MÉDIAS MENSAIS DE RADIAÇÃO E UMIDADE RELATIVA, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, JAN., ABR., 2008	44
FIGURA 6-	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, MAIO, 2008	45
FIGURA 7-	MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURAS MÉDIAS MÁXIMAS E MÍNIMAS, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, NOV./JUL., 2008.	65
FIGURA 8-	MÉDIAS MENSAIS DE RADIAÇÃO E UMIDADE RELATIVA, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, NOV./JUL., 2008.	65
FIGURA 9-	ESCALA DE AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO DE <i>L. dentata</i> L. CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR.....	67
FIGURA 10-	APLICAÇÃO FOLIAR DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA EM <i>L. dentata</i> L., (A) PRIMEIRA APLICAÇÃO (MAR., 2008) E (B) SEGUNDA APLICAÇÃO (MAIO, 2008). CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR.....	68
FIGURA 11-	CLASSIFICAÇÃO DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L., CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, MAIO, 2008.....	68
FIGURA 12-	(LAVANDA) <i>L. dentata</i> L. GEADA EM 09 E 10 DE JUNHO DE 2008, CEEEx E DFF, UFPR, CURITIBA, PR, JUL., 2008.....	69
FIGURA 13-	EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL POR HIDRODESTILAÇÃO EM APARELHO CLEVINGER, DFF, UFPR, CURITIBA, PR, MAIO/JUL., 2008.....	70

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -PRINCIPAIS CONSTITUINTES DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE <i>Lavandula spp</i>	33
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-	TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO. CURITIBA, PR, JAN./ABR., 2008.....	48
TABELA 2-	CONSTITUINTES (%) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO FLORAL COLHIDAS EM DUAS ÉPOCAS. CURITIBA, PR, JAN./ABR., 2008.	50
TABELA 3-	TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS E FOLHAS DE <i>L. dentata</i> L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO NA COLHEITA DE ABRIL. CURITIBA, PR, ABR., 2008.	51
TABELA 4-	CONSTITUINTES (%) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS E INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO FLORAL NA COLHEITA DE ABRIL. CURITIBA, PR, ABR., 2008.	53
TABELA 5-	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL COLETADO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM. CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, OUT. ,2007.	66
TABELA 6-	BIOMASSA SECA (kg.ha^{-1}) DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.	72
TABELA 7-	BIOMASSA SECA (kg.ha^{-1}) DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.	73
TABELA 8-	VARIAÇÃO RELATIVA DO NÚMERO DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NA PRIMEIRA COLHEITA, APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.	73
TABELA 9-	BIOMASSA (kg.ha^{-1}) DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008.	74
TABELA 10-	BIOMASSA SECA (kg.ha^{-1}) DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008.	74
TABELA 11-	VARIAÇÃO RELATIVA DO NÚMERO DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NA SEGUNDA COLHEITA, APÓS A SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA,PR, JUL., 2008.	75

TABELA 12- TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.....	76
TABELA 13- PRODUTIVIDADE (L.ha^{-1}) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.....	76
TABELA 14- TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.....	77
TABELA 15- PRODUTIVIDADE (L.ha^{-1}) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.....	78
TABELA 16- TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>L. dentata</i> L. APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.	79
TABELA 17- TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>L. dentata</i> L. APÓS A SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008.....	80
TABELA 18- CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES, APÓS APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.	81
TABELA 19- CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE <i>L. dentata</i> L. NO ESTÁDIO DE ANTESE, APÓS APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.	82
TABELA 20- CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>L. dentata</i> L. APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA ₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.....	84

LISTA DE SIGLAS

CEE-	Centro de Estações Experimentais da UFPR
°C-	Graus Celsius
DFF	Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo
EMBRAPA -	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FOB-	Free On Board (sigla de frete importação/exportação)
HFE-	Herbário das Faculdades Integradas Espirita
MDIC-	Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior
INBI-	Instituto de Biotecnologia
ISO -	International Organization For Standardization
PRNT-	Poder Relativo de Neutralização Total
SBCS-	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
SIMPEPAR-	Instituto Tecnológico- Sistema Meteorológico do Paraná
UCS-	Universidade de Caxias do Sul
UFPR-	Universidade Federal do Paraná
CG/EM -	Cromatógrafo à gas acoplado ao espectrometro de massas
FID-	Flame Ionization Detector (Detector de Ionização de Chamas)

LISTA DE ABREVIATURAS

BAP-	6-Benzilaminopurina
C-	Carbono
C. -	<i>Cymbopogon</i>
EAM-	Extrato de alga marinha
GA ₃ -	ácido giberélico
ha-	hectares
IBA-	Ácido indol-3-butírico
IPP-	isopentenil difosfato
MEP-	Metileritritol fosfato
N-	Nitrogênio
spp-	espécie
P ₂ O ₅ -	Pentóxido de Fósforo
K ₂ O -	Óxido de Potássio
Pro-Gibb 10%-	Marca comercial do ácido giberélico
t-	Toneladas
v/m –	volume por massa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
REFERÊNCIAS.....	19
2. CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1. GÊNERO <i>Lavandula</i>	24
2.2. CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Lavandula dentata</i>	25
2.3. FATORES QUE AFETAM A BIOSÍNTESE DO ÓLEO ESSENCIAL.....	27
REFERÊNCIAS.....	34
3. CAPITULO II - TEOR E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS E FOLHAS DE <i>Lavandula dentata</i> L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO FLORAL E ÉPOCAS DE COLHEITA.....	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
3.1. INTRODUÇÃO	41
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.2.1. Material vegetal	43
3.2.2. Extração do óleo essencial.....	45
3.2.3. Caracterização química do óleo essencial	46
3.2.4. Análise estatística.....	47
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.3.1. Teor de óleo essencial das inflorescências	48
3.3.2. Composição do óleo essencial das inflorescências.....	49
3.3.3. Teor de óleo essencial das folhas e inflorescências.....	51
3.3.4. Composição do óleo essencial das folhas e inflorescências	52
3.4. CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS.....	56

4. CAPITULO III – DESENVOLVIMENTO DE <i>Lavandula dentata</i> L., TEOR, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL APÓS A APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60
4.1. INTRODUÇÃO	61
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	64
4.2.1. Preparo das mudas	64
4.2.2. Experimento a campo.....	64
4.2.3. Extração de Óleo Essencial.....	69
4.2.4. Caracterização química do óleo essencial	70
4.2.5. Análise estatística.....	71
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.3.1. Desenvolvimento vegetativo.....	72
4.3.2. Teor e produtividade do óleo essencial das inflorescências.....	75
4.3.3. Teor do óleo essencial das folhas	79
4.3.4. Composição do óleo essencial das inflorescências.....	80
4.3.5. Composição do óleo essencial das folhas.....	83
4.4. CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS.....	86
5. CAPITULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
APÊNDICES	91
ANEXO	96

1. INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são matérias primas de origem natural e amplamente utilizados em diversos setores industriais como perfumaria, cosméticos, higiene pessoal, alimentos, fármacos (SILVA SANTOS et al., 2006) e mais recentemente como controles fitossanitários (GONZÁLES-COLOMA et al., 2006; MEDICE et al., 2007). Além disto, estudos de biotransformação de alguns constituintes presentes no óleo essencial de espécies aromáticas estão sendo realizados, entre eles o limoneno. Tal composto pode ser transformado em aldeído perílico por oxidação do radical metila, o qual possui propriedades preventivas contra o câncer, sendo encontrado naturalmente no óleo essencial da *Lavandula angustifolia* Mill (MARÓSTICA JÚNIOR e PASTORE, 2007).

O óleo essencial de espécies de *Lavandula* possui importância econômica devido às propriedades medicinais, fixação de aromas em perfumes, cosméticos e higiene pessoal (CASSELLA et al., 2002; HAJHASHEMI et al., 2003; BOZHANOV et al., 2007). A diversidade de aplicação do óleo essencial de *Lavandula* spp. ocorre devido ao grande número de espécies do gênero (LIS-BALCHIN, 2002) e consequentemente à composição química diferenciada do óleo essencial (KIM e LEE, 2002). Desta forma, as propriedades terapêuticas do óleo essencial de *Lavandula* spp. estão associadas ao sinergismo entre os constituintes majoritários e minoritários (GONZÁLES-COLOMA et al., 2006; MOON et al., 2007) os quais podem variar com as características genéticas (ISO 3515, 2002; MUÑOZ-BERTOMEU et al., 2007), fatores abióticos (DOB et al., 2005), órgão de armazenamento (ABURJAI et al., 2005) e métodos de extração (KIM e LEE, 2002).

Dentre os óleos essenciais de espécies do gênero *Lavandula*, destaca-se o de *Lavandula dentata* L., o qual é caracterizado pela presença dos constituintes majoritários 1,8-cineol e cânfora que conferem ao óleo propriedades antifúngicas, antiinflamatórias e analgésicas (CHU e KEMPER, 2001; HAJHASHEMI et al., 2003). O óleo essencial de *L. angustifolia* destaca-se em indústrias de perfumaria, cosméticos, higiene pessoal, alimentos e farmacêuticas devido à presença dos constituintes linalol e acetato de linalila (DA PORTO et al., 2009). Outra espécie de importância relevante é o lavandin híbrido de *L. angustifolia* Mill. x *L. latifolia*

Medikus, cujo óleo essencial é amplamente utilizado por indústrias de perfumaria devido ao alto teor de linalol e acetato de linalila (BOMBARDA et al., 2008).

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior, as importações brasileiras do óleo essencial de espécies de *Lavandula* mostram tendência no crescimento. Em 2004 as importações fecharam com valor de US\$ 1.276.594 FOB e 71.302 kg, enquanto em 2006 os valores foram de US\$ 1.894.634 FOB e 117.111 kg. Não há dados de importação para este óleo nos anos de 2007 e 2008 (MDIC, 2008).

Estudos para viabilizar o cultivo de espécies de *Lavandula* no Brasil com o objetivo de reduzir as importações do óleo essencial desta espécie, já foram realizados por pesquisadores. O INBI, UCS (Instituto de Biotecnologia, - Universidade Caxias do Sul) forneceu mudas de plantas aromáticas, incluindo *Lavandula vera* DC e treinamentos para os pequenos agricultores de Campestre da Serra, Três Passos e Sobradinho, região da Serra Gaúcha (LIMA, 2005). Em Morro Reuter, região de Caxias do Sul, RS, mudas de *Lavandula* spp. importadas da França foram cultivadas no local para a produção de óleo essencial (RÜCKERT, 2004) e exploração comercial, porém, devido à carência de tecnologias, o cultivo transformou-se em atração turística (LIMA, 2005).

Em Monte Verde, MG, o cultivo de quatro espécies de *Lavandula* (*L. officinalis* Chaix & Kitt., *L. stoechas* L., *L. purpúrea* e *L. x intermedia*) não resultou em sucesso; desta forma, realizaram o cultivo de *L. dentata* onde esta mostrou-se adaptada às condições da região. Cem mil mudas de *L. dentata* estão sendo cultivadas em sistema orgânico para extração de óleo essencial de alta qualidade com perspectiva de produção de 20 t/ano da planta (AMARAL, 2007).

As espécies de *Lavandula* são nativas da região do Mediterrâneo (LIS-BALCHIN, 2002). A *L. dentata* é também, cultivada em várias regiões do Mediterrâneo (DOB et al., 2005; OUAHMANE et al., 2006), e outras ilhas do Atlântico (LIS-BALCHIN 2002), porém, desenvolve-se com menores exigências edafoclimáticas (BEUS, 2005).

Os óleos essenciais são sintetizados a partir de precursores do metabolismo secundário de espécies vegetais e são representados por vários compostos voláteis, os quais estão diretamente relacionados às funções ecológicas da planta, como atração de polinizadores, proteção contra predadores, patógenos e inibidores de germinação (ROMAGNI et al., 2000; DUDAREVA et al., 2004).

A regulação da produção de óleo essencial em espécies aromáticas está condicionada a fatores ambientais que interagem com as características genéticas da planta (CASTRO et al., 2004). Deste modo, fatores como clima, solo (PALÁ-PAÚL et al., 2004; BEUS, 2005), altitude (FABBRO e KÖRNER, 2004), fotoperíodo (MONAGHAN et al., 2004) e ontogenia da planta (SANGWAN et al., 2001) e aplicação de reguladores vegetais podem influenciar na produção e composição dos óleos essenciais de *L. dentata* (SUDRIÁ et al., 2001) e demais plantas aromáticas (POVH e ONO, 2006; SCAVRONI et al., 2006; STORCK, 2008).

O estágio do desenvolvimento floral de espécies de *Lavandula* também pode influenciar no teor e na composição do óleo essencial desta espécie (ABURJAI et al., 2005; BOUSMAHA et al., 2005), uma vez que o óleo essencial de *Lavandula* está localizado predominantemente em tricomas glandulares peltados das inflorescências (CHÁVEZ, 2007) e também na superfície foliar de *L. dentata* (SUDRIÁ et al., 1999).

A aplicação de reguladores com objetivo de aumentar o rendimento de óleo essencial em plantas aromáticas tem sido objeto de estudos em algumas espécies vegetais aromáticas, tais como, *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (FIGUEIREDO et al., 2006), *Thymus vulgaris* L. (REDA, et al., 2005), *Mentha x piperita* L. (SCAVRONI et al., 2006), *Salvia officinalis* L. (POVH e ONO, 2006), *Pogostemon cablin* Benth. (STORCK, 2008).

Em *L. dentata* a utilização de BAP (6-benzilaminopurina), na concentração de 0,1 mg.L⁻¹ em meio de cultura *in vitro*, promoveu rendimento superior em óleo essencial comparado ao tratamento controle, porém, reduziu os teores de 1,8-cineol, fenchol e borneol, e aumentou o teor da cânfora. Em contrapartida, a aplicação de IBA (ácido indol-3-butírico) na concentração de 0,1 mg.L⁻¹ influenciou na redução do teor de óleo essencial como também na alteração da sua composição. A mistura dos dois reguladores vegetais reduziu o teor do óleo essencial em comparação ao tratamento com BAP isolado; o mesmo ocorreu para os teores de 1,8-cineol e fenchona, enquanto que para a cânfora o teor foi superior em relação aos tratamentos (SUDRIÁ et al., 1999). A aplicação de BAP na concentração de 0,1 mg.L⁻¹ em meio de cultura para *L. dentata* promoveu o aumento da massa verde e massa seca, aumento no número de cloroplastos e teor de óleo essencial superior em 150% comparado ao tratamento controle (SUDRIÁ et al., 2001).

Considerando as inflorescências das espécies de *Lavandula* como parte da planta mais utilizada para a extração do óleo essencial, o teor do óleo essencial pode ser influenciado pelo estágio de desenvolvimento das inflorescências. Da mesma forma, estratégias como aplicação de reguladores vegetais para o aumento da produção de biomassa floral pode resultar em maior produtividade de óleo essencial (POVH e ONO, 2006). Devido à importância econômica e em consequência, do grande interesse na produção do óleo essencial de *L. dentata* (AMARAL, 2007), este trabalho teve como objetivo avaliar o teor e a composição do óleo essencial das inflorescências e folhas de *L. dentata* em diferentes estádios de desenvolvimento floral, assim como épocas de colheita. Embora estudos *in vitro* tenham demonstrado o efeito de reguladores vegetais em *L. dentata* (SUDRIÁ et al., 1999), não foram realizadas avaliações a campo até o momento. Neste trabalho avaliou-se o efeito da aplicação de GA₃ e extrato de alga marinha (*Ascophyllum nodosum*) como fonte de citocinina sobre o desenvolvimento vegetativo, na produtividade e composição química do óleo essencial das inflorescências e folhas de *L. dentata*.

No capítulo I é apresentada a revisão da literatura com a descrição botânica da espécie, características do óleo essencial e aspectos da biossíntese de óleos essenciais. O capítulo II refere-se à avaliação do teor e composição do óleo essencial de inflorescências e folhas de *L. dentata* sob diferentes estádios de desenvolvimento floral e épocas de colheita. O capítulo III teve como objetivo avaliar o efeito do GA₃ e extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*) como fonte de citocinina no desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na composição química do óleo essencial de inflorescências e folhas de *L. dentata*. Finalmente, no capítulo IV são apresentadas as considerações finais do trabalho.

REFERÊNCIAS

ABURJAI, T.; HUDIAB, M.; CAVRINI, V. Chemical composition of the essential oil from different aerial parts of lavender (*Lavandula coronopifolia* Poir.) (Lamiaceae) grown in Jordan, **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, p. 49-51, jan-fev., 2005.

AMARAL, F. Fragâncias : Espécies vegetais da Amazônia podem abrir mercados sofisticados para produção local. **Revista de Química e Derivados 40 ANOS** – on-line, n. 467, nov. 2007. Entrevista
Disponível em: <http://www.quimica.com.br/revista/qd466/cosmeticos1.html> em: 23/01/08.

BEUS, Dr. E. C. **Growing and marketing Lavender**. Farm the Northwest series- Small Farms Team. Washington State University – Extension, 2005.

BOMBARDA, I.; DUPUY, N.; LE VAN DA, J. P.; GAYDOU, E. M. Comparative chemometric analyses of geographic origins and compositions of lavandin var. grosso essential oils by mid infrared spectroscopy and gas chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, p. 31-39, 2008.

BOUSMAHA, L.; BEKKARA, F. A.; TOMI, F.; CASANOVA, J. Advances in the chemical composition of *Lavandula dentata* L. essential oil from Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, p. 292-295, 2005.

BOZHANOV, S.; KARADJOVA, I.; ALEXANDROV, S. Determination of trace elements in the lavender inflorescence (*Lavandula angustifolia* Mill.) — lavender oil system, **Microchemical Journal**, v. 86, p. 119–123, 2007.

CASSELLA, S.; CASSELLA, J. P.; SMITH, I. Synergistic antifungal activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils against dermatophyte infection. **The International Journal of Aromatherapy**, v. 12, n. 1, 2002.

CASTRO, H. G.; FERREIRA, A. F.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**, 2 ed. Viçosa: Gráfica Suprema e Editora, p. 9-20, 2004, 113p.

CHÁVEZ, M. G. C. **Hidrodestilacion de aceites esenciales: modelado y caracterizacion**. 304 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Tecnologia do meio Ambiente, Universidade de Valladolid, Valladolid, 2007.

CHU, C. J.; KEMPER, J. K. Lavender (*Lavandula* spp.) **Longwood Herbal Task Force**, p. 1-32, 2001.

Disponível em <http://www.mcp.edu/herbal/> acesso em: 30/10/2006.

DA PORTO, C.; DECORTI, D.; KIKIC, I.; Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods. **Food Chemistry**, v. 112, p. 1072-1078, 2009.

DOB, T.; DAHMANE, D.; TAYEB, B.; CHELGHOUM, C. Chemical composition of the essential oil of *Lavandula dentata* L. from Algeria, **The International Journal of Aromatherapy**, v. 15, p. 110-114, 2005.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. In: Update on Biochemistry of Plant Volatiles. **Plant Physiology**, v. 135, p. 1893-1902, 2004.

FABBRO, T.; KÖRNER, C. Altitudinal differences in flower traits and reproductive allocation, **Flora**, v. 199, p. 70-81, 2004.

FIGUEIREDO, R. O.; DELACHIAVE, M. E. A.; MING, L. C. Reguladores vegetais na produção de biomassa e teor de óleos essenciais em *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, em diferentes épocas do ano, **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, n. 3, p. 31-35, 2006.

GONZÁLES-COLOMA, A.; MARTÍN-BENITO, D.; MOHAMED, N.; GARCÍA-VALLEJO, M. C.; SORIA, A. C. Antifeedant effects and chemical composition of essential oils from different populations of *Lavandula luisieri* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 34, p. 609-616, 2006.

HAJHASHEMI, V.; GHANNADI, A.; SHARIF, B. Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill., **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89, p. 67-71, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3515, 2002. **Oil of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill)**, 3 ed., 15-04-2002.

KIM, N-S.; LEE, S-D. Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 982, p. 31-47, 2002.

LIMA, M. A. B. **Avaliação de impactos de investimentos públicos em Ciência e Tecnologia sobre o desenvolvimento regional**, 268 f. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LIS-BALCHIN, M. History of nomenclature of *Lavandula* species, hybrids and cultivars. _____. In: **The Genus Lavender**, Taylor and Francis, London, v. 2, p. 2, 2002. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books>>. Acesso em 04/11/2008.

LIS-BALCHIN, M. Chemical composition of essential oils from different species, hybrids and cultivars of *Lavandula*. _____. In: **The Genus Lavandula**, Taylor and Francis, London, v. 2, p. 2, 2002.
Disponível em :<<http://books.google.com.br/books>>. Acesso em 04/11/2008.

MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Biotransformação de limoneno: Uma revisão das principais rotas metabólicas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 382-387, 2007. Revisão.

MEDICE, R.; ALVES, E.; ASSIS, R. F.; MAGNO JÚNIOR, R. G.; LOPES, E. A. G. L. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 83-90, 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, Secretaria de Comércio e Exterior – **Consulta importação e exportação**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 31/07/2008.

MONAGHAN, J. M.; WURR, D. C. E.; FELLOWS, J. R. The effects of temperature and lighting on flowering of lavender (*Lavandula angustifolia* 'Hidcote'). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 79, n. 5, p. 811-817, 2004.

MOON, T.; CAVANAGH, M. A.; WILKISON, J. N. Antifungal Activity of Australian Grown *Lavandula* spp. Essential Oils Against *Aspergillus nidulans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Leptosphaeria maculans* and *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal Essential Oil Research**, v. 19, p. 171-175, 2007.

MUÑOZ -BERTOMEU, J.; ARRILLAGA, I.; SEGURA, J. Essential oil variation within and among natural populations of *Lavandula latifolia* and its relation to their ecological areas. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, p. 479-488, 2007.

OUAHMANE, L.; HAFIDI, M.; PLENCHETTE, C.; KISA, M.; BOUMEZZOUGH, A.; THIOULOUSE, J.; DUPONNOIS, R. *Lavandula* species as accompanying plants in *Cupressus* replanting strategies: Effect on plant growth, mycorrhizal soil infectivity and soil microbial catabolic diversity. **Applied Soil Ecology**, v. 34, p. 190-199, 2006.

PALÁ-PAUL, J., BROPHY, J. J., GOLDSACK, R. J., FONTANIELLA, B. Analysis of the volatile components of *Lavandula canariensis* (L.) Mill., a Canary Islands endemic species, growing in Australia. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 32, p. 55-62, 2004.

POVH, J. A.; ONO, E. O. Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* L. sob ação de reguladores vegetais, **Acta Sciency Biology Science**, v. 28, n. 3, p. 189-193, 2006.

REDA, F.; ABDEL-RAHIM, E. A.; EL-BAROTY, G. S. A.; AYAD, H. S. Response of essential oils, phenolic components and polyphenol oxidase activity of thyme (*Thymus vulgaris*, L.) to some bioregulators and vitamins, **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 7, n. 5, p. 735-739, 2005.

ROMAGNI, J. G.; ALLEN, S. N.; DAYAN, F. E. Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n.1, 2000.

RÜCKERT, A. A. Políticas territoriais, ciência & tecnologia e ação de atores locais e regionais. O pólo de modernização tecnológica da Serra – Rio Grande do Sul – Brasil, **Sociologias**, ano 6, n. 11, p. 148-183, 2004.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3-21, 2001.

SCAVRONI, J.; VASCONCELLOS, M. C.; VALMORBIDA, J.; FERRI, A. F.; MARQUES, M. O. M.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J. D. Rendimento e composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* L. submetida a aplicações de giberilina e citocinina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 40-43, 2006.

SILVA SANTOS, A.; BIZZO, H.R.; ANTUNES, A. M. S.; D'AVILA, I. A. A proteção patentária na utilização de óleos essenciais e compostos terpênicos para o desenvolvimento tecnológico e industrial. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 14-22, 2006.

STORCK, R. C. **Sombreamento, ácido giberélico e extrato de alga no desenvolvimento e produção de óleos essenciais em Patchouli.** 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SUDRIÁ, C.; PINOL, M. T.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R.; MORALES, C.; BONFILL, M.; CAÑIGUERAL, S. Influence of plant growth regulators on the growth and essential oil content of cultured *Lavandula dentata* plantlets. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 58, p. 177-184, 1999.

SUDRIÁ, C.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R.; BONFILL, M.; PIÑOL, M. T.; MORALES, C. Effect of benzyladenine and indolebutyric acid on ultrastructure, glands formation, and essential oil accumulation in *Lavandula dentata* plantlets, **Biologia Plantarum**, v. 44, n. 1, p. 1-6, 2001.

2. CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GÊNERO *Lavandula*

A *Lavandula* spp. pertence à família Lamiaceae e compreende cerca de trinta e duas espécies, além de espécies híbridas. São aromáticas que apresentam difícil classificação taxonômica devido à sua capacidade de hibridização e diversidade morfológica (UPSON, 2002).

Dentre as espécies de *Lavandula*, destaca-se a *Lavandula dentata* L., que no Brasil é conhecida por alfazema (LORENZI, 2002) e na Europa por “fringed lavender” (CHARLESWORTH, 2002). É nativa das ilhas do Atlântico, Mediterrâneo e Península Árabe (BOWN, 2005), possui hábito perene sendo, também, considerada ornamental (LIS-BALCHIN, 2002). As folhas possuem coloração verde a verde acinzentado com altura entre 0,5 a 1,0 m, inflorescências de 3 a 6 cm com brácteas florais estéreis e coloração do azul ao violeta (UPSON, 2002) (FIGURA 1).



FIGURA 1- INFLORESCÊNCIAS DE LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)

FONTE: BOWN, D. *Lavandula* (2005)

A *Lavandula dentata* desenvolve-se bem em regiões de baixa temperatura até 0°C (UPSON, 2002), em solos de baixa fertilidade e calcáreos, com pH na faixa de 6,0 a 8,0, porém, com boa drenagem, pois são suscetíveis a doenças fúngicas

quando cultivada em áreas com umidade elevada (BEUS, 2005). No Brasil já é cultivada em Monte Verde-MG para a extração do óleo essencial apresentando adaptação às condições climáticas da região (AMARAL, 2007).

O desenvolvimento das espécies e híbridos de *Lavandula* e a variabilidade fitoquímica da planta estão condicionados às condições edafoclimáticas da região, como temperatura, quantidade de água, fertilizante, distribuição geográfica latitude e altitude, entre outras (LIS-BALCHIN, 2002). As espécies de *Lavandula* crescem naturalmente na região do Mediterrâneo, localizada geograficamente a 38°-40° Latitude Norte e 840-2000 metros de altitude (UPSON, 2002; MUÑOZ-BERTOMEU et al., 2007), onde os invernos são amenos, os verões ensolarados e os dias longos. Entretanto, dias quentes podem retardar o desenvolvimento da planta (BEUS, 2005). Em *L. angustifolia* variedade 'Hidcote' um período de frio (4°C), seguido de elevação de temperatura (25 °C) e fotoperíodo de 15 horas aumenta o número de botões florais (MONAGHAN et al., 2004).

2.2. CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lavandula dentata*

Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis as quais conferem aroma agradável e sabor aos vegetais (SIMÕES e SPITZER, 2004). Estes óleos essenciais, de um grupo restrito de vegetais, são provenientes do metabolismo secundário e são constituídos predominantemente por terpenos, mas muitos podem ser constituídos também por fenilpropenos (CSEKE et al., 2006).

O principal precursor dos terpenos é o IPP (isopentenil difosfato), o qual é formado por duas rotas distintas. No citosol pela rota do mevalonato, onde 3 unidades de acetil-CoA se ligam ao ácido mevalônico para formar unidades de IPP. No cloroplasto, o IPP é formado pela rota do (MEP) metileritritol fosfato por meio de reações entre o gliceraldeído-3-fosfato e dois átomos de carbonos derivados do piruvato (BRIELMANN et al., 2006). As unidades de IPP se unem para formar os terpenos, que são classificados de acordo com o número de unidades de isoprenos, formados por cinco carbonos: hemiterpenos (C5), monoterpenos (C10),

sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), sesterpenos (C25), triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40) (DEWICK, 2002).

Nos vegetais, os monoterpenos e sesquiterpenos, quando presentes são responsáveis pelo aroma perceptível entre os polinizadores e predadores (CASTRO et al., 2004). O monoterpeno mentol, presente em tricomas glandulares de *M. x piperita* L. atua como repelente de insetos herbívoros. Em flores o monoterpeno linalol, quando presente, produz aroma perceptível aos polinizadores noturnos.(CSEKE et al., 2006). Outros compostos terpênicos não voláteis têm as funções de regular o crescimento e o desenvolvimento vegetal (GOMI e MATSUOKA, 2003).

Em geral os óleos essenciais de *Lavandula* spp. conhecido popularmente por óleo essencial de lavanda, é constituído por terpenos, acetatos, ésteres, álcoois, aldeídos e outros (KIM e LEE, 2002), sendo a qualidade e a quantidade destes constituintes responsáveis pelas atividades atribuídas ao óleo (YUSUFOĞLU et al., 2004). O óleo essencial de *L. dentata* é constituído principalmente por monoterpenos oxigenados (68,6%) sendo eles; 1,8-cineol, cânfora, fenchona, fenchol e linalol, seguido dos monoterpenos hidrocarbonados (2,7%) α -pineno, β -pineno e limoneno, os sesquiterpenos oxigenados (2,6%) e sesquiterpenos hidrocarbonados (2,6%) (DOB et al., 2005).

Os monoterpenos oxigenados majoritários, 1,8-cineol e cânfora presentes no óleo essencial de *L. dentata* (SUDRIÁ et al., 1999) conferem ao óleo propriedades medicinais e terapêuticas com ação antespasmódica, antifúngica e antibactericida, além de outros constituintes em menores porcentagens, entre eles o linalol o qual possui ação sedativa, anestésica e bactericida (CHU e KEMPER, 2001). A presença dos constituintes minoritários nos óleos essenciais potencializa as propriedades terapêuticas e medicinais (MOON et al. 2007), devido ao sinergismo existente entre os constituintes (CASSELLA et al., 2002).

Os constituintes 1,8-cineol e cânfora estão presentes, também nos óleos essenciais das folhas de *L. angustifolia* Mill. (HAJHASHEMI et al., 2003), das folhas e inflorescências de *Lavandula latifolia* Medikus (MUÑOZ-BERTOMEU et al., 2007), das inflorescências de lavandin (*L. angustifolia* Mill. x *L. latifolia* Medikus) (BOMBARDA et al., 2008) e nas inflorescências, folhas e ramos da *L. coronopofolia* Poiert (ABURJAI et al., 2005).

2.3. FATORES QUE AFETAM A BIOSÍNTESE DO ÓLEO ESSENCIAL

A biossíntese, o armazenamento e a liberação dos óleos essenciais em plantas aromáticas ocorrem por meio de estruturas especializadas presentes nas folhas, inflorescências, caules ou raízes (SANGWAN et al., 2001). As espécies da família Lamiaceae possuem tricomas glandulares peltados e capitados, localizados na epiderme, podendo variar em densidade e anatomia conforme a ontogenia e taxonomia das espécies (MARTINS, 2002; DUARTE e LOPES, 2005). Estas estruturas podem também se localizar em espaços subcuticular da epiderme foliar (GERSBACH, 2002).

Estudos anatômicos em *Salvia officinalis* L. demonstram a presença de tricomas glandulares peltados no cálice floral e com o alongamento basal do cálice durante a antese, estes tricomas distribuem-se na superfície do cálice floral (CORSI e BOTTEGA, 1999). Em variedades de lavandin “abrial” o óleo essencial encontra-se armazenado em tricomas glandulares peltados localizados na superfície externa das inflorescências (CHÁVEZ, 2007) (FIGURA 2). Por outro lado, a *L. officinalis* Chaix & Kitt. possui dois tipos de tricomas glandulares distintos no lado interno e externo da superfície da corola, no qual o óleo essencial dos tricomas glandulares internos parece ter propriedades atrativas, porém com composição desconhecida (WERKER, 2000).

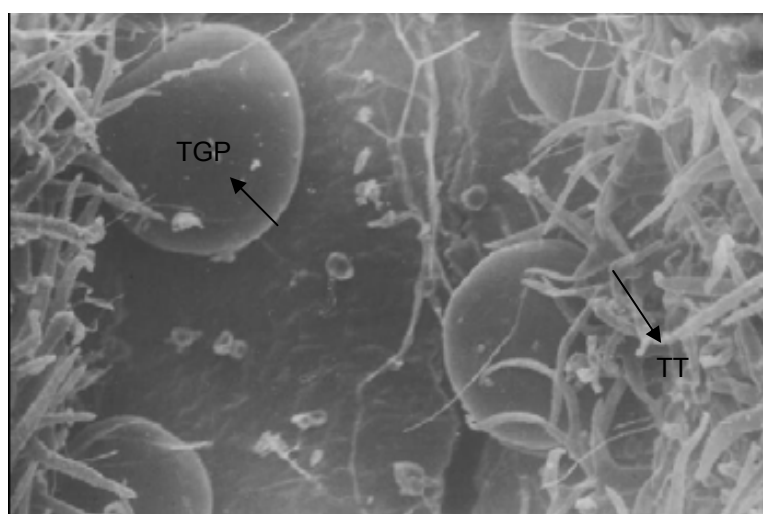


FIGURA 2- TRICOMAS GLANDULARES PELTADOS (TGP), TRICOMAS TECTORES (TT) DE LAVANDIN “ABRIAL” (*L. angustifolia* Miller x *L. latifolia* Medikus)

FONTE: CHÁVEZ (2007)

Nas folhas de *Lavandula pinnata* L. o óleo essencial também está armazenado em tricomas glandulares peltados na superfície abaxial das folhas (HUANG et al., 2008) (FIGURA 3).

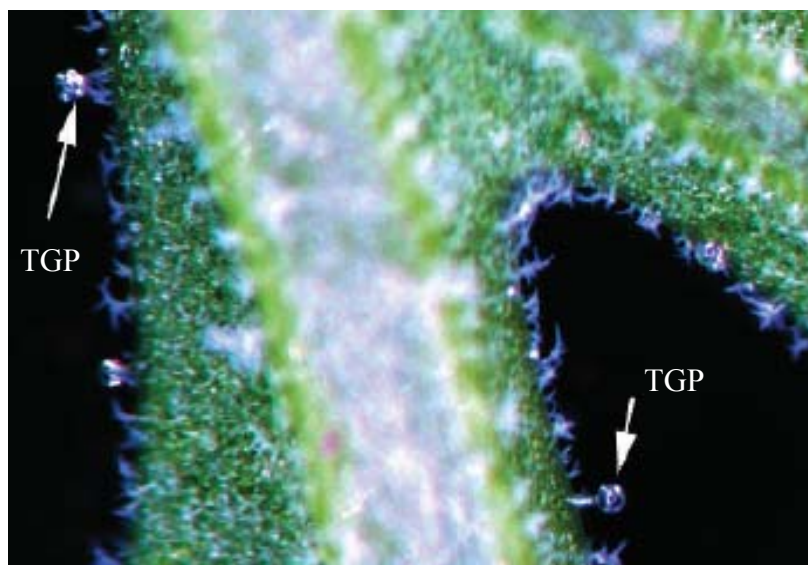


FIGURA 3- TRICOMAS GLANDULARES PELTADOS EM *L. pinnata* L.

FONTE: HUANG et al. (2008)

A variabilidade no teor e composição do óleo essencial está condicionada à localização dos órgãos de armazenamento na planta (folhas, inflorescências, raízes e caules), condições climáticas, localização geográfica, características genéticas e ontogenia da espécie (SANGWAN et al., 2001). Em *L. dentata* foi observada alteração no teor e na composição do óleo essencial obtido de diferentes órgãos de armazenamento, onde o teor de óleo essencial foi superior na parte aérea da planta (0,9%) (folhas e ramos) e inferior nas inflorescências (0,2%), da mesma forma, o teor do constituinte 1,8-cineol foi superior (35,4%) na parte aérea da planta (folhas e ramos) e inferior (21,5%) nas inflorescências (BOUSMAHA et al., 2005). As características genéticas de sete populações clonais de *L. latifolia* e as condições bioclimáticas da região influenciaram nos teores de 1,8-cineol e cânfora presentes no óleo essencial das inflorescências e folhas (MUÑOZ-BERTOMEU et al., 2007).

A produção e emissão de compostos voláteis são reguladas também pelo estágio de desenvolvimento do órgão, sendo superior nos estádios iniciais do desenvolvimento (DUDAREVA et al., 2004). Em espécies de *M. x piperita*, o acúmulo de monoterpenos foi superior no desenvolvimento foliar inicial quando as folhas se encontravam com doze até vinte dias. Após este período ocorreu estabilização no teor dos monoterpenos. Durante o estágio de desenvolvimento também podem ocorrer alterações nos teores dos constituintes monoterpênicos, sendo o constituinte mentona superior (36%) nos cinco primeiros dias de idade foliar, aumentando até os 15 dias, com declínio posterior no teor para 10% (GERSHENZON et al., 2000).

O estágio de desenvolvimento floral pode influenciar no teor e na qualidade do óleo essencial de *L. angustifolia*. Segundo Beus (2005) é recomendado realizar a colheita de *L. angustifolia* quando as inflorescências na haste estiverem em proporções iguais de botões e antese. Para a colheita mecânica é recomendada a abertura total das inflorescências de lavandin (KALOUSTIAN et al., 2000).

Em *L. dentata* observou-se variabilidade na composição do óleo essencial no primeiro mês do florescimento (março) e no último (junho) para os constituintes β -pineno, linalol, pinocarvona, borneol e 1,8-cineol. Da mesma forma, o teor de óleo essencial apresentou variabilidade, sendo observado teor superior no penúltimo mês do florescimento (maio) (BOUSMAHA et al., 2005).

Os reguladores vegetais giberelinas e citocininas, quando aplicados, são capazes de alterar a fisiologia das plantas e consequentemente, o teor e a composição do óleo essencial, com efeitos no aumento da biomassa (BARREIRO et al., 2006), atraso na senescência (POVH e ONO, 2006) e em meio de cultura, resistência das células secretoras à ruptura e aumento no número de cloroplastos (SUDRIÁ et al., 2001). A aplicação de BAP (6-benzilaminopurina) na concentração de 30 mg.L⁻¹ em *T. vulgaris* L., no primeiro corte, antes do estágio de florescimento, aumentou em 36% o teor de óleo essencial em relação ao tratamento controle, e a aplicação na concentração de 30 mg.L⁻¹ de ácido giberélico (GA₃) aumentou em 9%, porém, a aplicação de 60 mg.L⁻¹ de BAP e 60 mg.L⁻¹ de GA₃ diminui o teor de óleo essencial. De forma semelhante a composição do óleo essencial foi alterada, onde o BAP na concentração de 60 mg L⁻¹ favoreceu o aumento no teor do constituinte timol e o GA₃ na concentração de 60 mg L⁻¹ aumentou o teor de p-cimeno (REDA et al., 2005).

O QUADRO 01 apresenta o resumo dos trabalhos citados, destacando os constituintes majoritários dos óleos essenciais de *Lavandula* spp. com o órgão de armazenamento.

REFERÊNCIAS	<i>Lavandula</i> spp.	PARTE DA PLANTA	TRATAMENTO	TEOR (v/m)	% CONSTITUINTES
ISO 3515(2002) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 3. ed, 2002-FRANÇA	<i>L. angustifolia</i> Mill.	Inflorescências		0,8%	25,0-38,0% Linalol 25,0-35,0% Acetato de linalila máx. 0,5% Cânfora máx. 1,0% 1,8-Cineol máx.10,% Cis- β -ocimeno máx 6,0 Trans- β -ocimeno 2,0% 4-terpineol
HAJHASHEMI et al., 2003 – IRAN	<i>L. angustifolia</i> Mill.	Folhas	Órgão de armazenamento	1,1%	3,6% α -Pineno 2,3-% β -Pineno 65,4% 1,8 Cineol 0,4% Linalol 0,6% Acetato de linalila 9,5% Cânfora
ABURJAI et al., 2005 JORDÂNIA	<i>L. coronopofolia</i> Poiert.	Inflorescências	Órgão de armazenamento	7,2%	7,3% 1,8-Cineol 41,2% Linalol 6,8% Borneol 11,6% Cânfora 11,0%4-terpineol
		Folhas	Órgão de armazenamento	0,6%	7,7% 1,8-Cineol 40,8% Linalol 7,4% Borneol 12,1% Cânfora 11,4%4-terpineol
		Partes aéreas (com Inflorescências)	Órgão de armazenamento	1,5%	25,4% 1,8-Cineol 20,8% Linalol 5,6% Borneol 19,7% Cânfora 4,9% 4-terpineol
DOB et al., 2005 – ARGÉLIA	<i>L. dentata</i> L.	Partes aéreas (com Inflorescências)		0,8%	traços% α -Pineno 0,2% β -Pineno 1,4% Sabineno 38,4% 1,8-Cineol 1,6% Cânfora 2,3% Fenchona 1,9% Pinocarvona 0,3% β -Eudesmol

Continua

Continuação

REFERÊNCIAS	<i>Lavandula</i> spp.	PARTE DA PLANTA	TRATA- MENTO	TEOR (v/m)	% CONSTITUINTES
MUÑOZ- BERTOMEU et al., 2007 - ESPANHA	<i>L. latifolia</i> Medikus.	Folhas	Genótipos	2,3 – 2,4 mg/g	0,1-0,2% α-Pineno 0,1-% β-Pineno 46,8-54,6% 1,8-Cineol 0,1% Linalol 1,8-2,7% Borneol 31,5-43,5% Cânfora
		Inflores- cências	Genótipos	56,2-76,4 mg/g	0,5-1,8% α-Pineno 0,8-2,9-% β-Pineno 20,8-47,9% 1,8-Cineol 15,1-57,1% Linalol 0,9-1,8% Borneol 11,4-18,6% Cânfora
BOMBARDA et al., 2008, FRANÇA	lavandin (<i>L. angustifo- lia</i> Mill x <i>L. latifolia</i> Medikus)	Inflores- cências		17,61- 20,36 (μL.g ⁻¹ massa seca)	5,3-% β-Pineno 5,4-7,4% 1,8 Cineol 28,7-33,6% Linalol 6,8-7,7% Cânfora 2,1-2,4% Borneol 2,1-2,6% 4-terpineol 29,1-32,2% Acetato de linalila
SUDRIÁ et al., 1999 - BARCELONA	<i>L. dentata</i> L.	Partes aéreas (com Inflores- cências)	Regulado- res vegetais Teste- munha	0,3%	2,3% α-Pineno 4,4% β-Pineno 25,6% 1,8 Cineol 1,5% Fenchona 13,2% Borneol 18,5% β-Fenchol 15,2% Cânfora
		Partes aéreas (com Inflores- cências)	Trata- mento BAP	0,7%	1,3% α-Pineno 2,7% β-Pineno 22,9% 1,8 Cineol 1,5% Fenchona 12,8% Borneol 17,8% β-Fenchol 18,0% Cânfora

Continua

Continuação

REFERÊNCIAS	<i>Lavandula</i> spp.	PARTE DA PLANTA	TRATA- MENTO	TEOR (v/m)	% CONSTITUINTES
BOUSMAHA et al., 2005 ARGÉLIA	<i>L. dentata</i> L.	Partes aéreas (com Inflores- cências)	Órgão de armazena- mento Floresci- mento (maio)	0,8%	2,9% α -Pineno 8,1% β -Pineno 3,9% Limoneno 36,3% 1,8 Cineol 1,8% Linalol 3,7% Trans-pinocarveol 2,2% Pinocarvona 0,2% Cânfora
		Partes aéreas (sem Inflores- cências)	Órgão de armazena- mento Florescim- ento (maio)	0,9%	3,4% α -Pineno 9,3% β -Pineno 4,2% Limoneno 35,4% 1,8 Cineol 1,9% Linalol 4,1% Trans-pinocarveol 2,3% Pinocarvona 0,3% Cânfora
		Inflores- cências	Órgão de armazena- mento Florescim- ento (maio)	0,2%	2,1% α -Pineno 6,0% β -Pineno 2,5% Limoneno 21,5% 1,8 Cineol 1,5% Linalol 3,9% Trans-pinocarveol 1,9% Pinocarvona 0% Cânfora
		Partes aéreas (sem Inflores- cências)	Época de colheita Florescim- ento (março)	0,5%	4,2% α -Pineno 14,4% β -Pineno 3,7% Limoneno 0,9% 1,8 Cineol 6,9% Linalol 7,4% Trans-pinocarveol 3,5% Pinocarvona 0,4% Cânfora
		Partes aéreas (sem Inflores- cências)	Época de colheita Florescim- ento (maio)	1,1%	7,7% α -Pineno 26,0% β -Pineno 3,2% Limoneno 4,2% 1,8 Cineol 2,8% Linalol 6,7% Trans-pinocarveol 4,2% Pinocarvona 0,4% Cânfora

Continua

Conclusão

REFERÊNCIAS	<i>Lavandula</i> spp.	PARTE DA PLANTA	TRATAMENTO	TEOR (v/m)	% CONSTITUINTES
BOUSMAHA et al., 2005 ARGÉLIA	<i>L. dentata</i> L.	Partes aéreas (sem Inflorescências)	Final Florescimento - junho	0,8%	6,1% α -Pineno 19,4% β -Pineno 4,7% Limoneno 2,4% 1,8 Cineol 3,4% Linalol 7,5% Trans-pinocarveol 4,1% Pinocarvona 0,8% Cânfora
		Partes aéreas (com Inflorescências)	Final florescimento - junho	0,6%	4,8% α -Pineno 16,0% β -Pineno 2,1% Limoneno 1,5% 1,8 Cineol 2,3% Linalol 9,3% Trans-pinocarveol 4,8% Pinocarvona 0,9% Cânfora

QUADRO 1- PRINCIPAIS CONSTITUINTES DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE *Lavandula* spp.

Devido à importância econômica e em consequência, o grande interesse na produção de óleo essencial de *L. dentata* (AMARAL, 2007), estratégias que avaliem o estágio de desenvolvimento das inflorescências (BEUS, 2005), aplicação de reguladores vegetais para o aumento da produção de biomassa floral, podem resultar em maior produtividade de óleo essencial (POVH e ONO, 2006).

REFERÊNCIAS

ABURJAI, T.; HUDIAB, M.; CAVRINI, V. Chemical composition of the essential oil from different aerial parts of lavender (*Lavandula coronopifolia* Poit.) (Lamiaceae) Grown in Jordan. **Journal of Essential Oil Research**. v. 17, p. 49-51, 2005.

AMARAL, F. In: MORAES, R. Fragâncias : Espécies vegetais da Amazônia podem abrir mercados sofisticados para produção local. In: **Revista de Química e Derivados 40 ANOS** – on-line, n. 467, nov. 2007.

Disponível em: <http://www.quimica.com.br/revista/qd466/cosmeticos1.html> em: 23/01/08.

BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, v. 65, p. 563-567, 2006.

BEUS, Dr. E. C. **Growing and marketing Lavender**. Farm the Northwest series- Small Farms Team. Washington State University – Extension, 2005.

BOMBARDA, I.; DUPUY, N.; LE VAN DA, J. P.; GAYDOU, E. M. Comparative chemometric analyses of geographic origins and compositions of lavandin var. grosso essential oils by mid infrared spectroscopy and gas chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, p. 31-39, 2008.

BOUSMAHA, L.; BEKKARA, F. A.; TOMI, F.; CASANOVA, J. Advances in the chemical composition of *Lavandula dentata* L. essential oil from Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, p. 292-295, 2005.

BOWN, D. Lavandula. In: **Encyclopedia of Herbs**, 2005, 3 ed., United States, New York.

BRIELMANN, H. L. ; SETZER, N. W.; _____; KIRAKOSYAN, A. ; CSEKE, L. J.. Phytochemicals: The Chemical Components of Plants. In: CSEKE, L. J.; KIRAKOSYAN, A.; KAUFMAN, P. B.; WARBER, S. L.; DUKE, J. A.; BRIELMANN, H. L. **Natural Products from Plants**, 2° ed., p.11-12, 2006.

CASSELLA, S.; CASSELLA, J. P.; SMITH, I. Synergistic antifungal activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils against dermatophyte infection. **The International Journal of Aromatherapy**, v. 12, n. 1, 2002.

CASTRO, H. G.; FERREIRA, A. F.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**, 2 ed. Viçosa: Gráfica Suprema e Editora, p. 9-20, 2004.

CHARLESWORTH, S. The retail lavender nursery. In: LIS-BALCHIN, M. **The Genus Lavandula**, Taylor and Francis, London, v. 2, p. 2, 2002.

Disponível em :<<http://books.google.com.br/books>>. Acesso em 04/11/2008

CHÁVEZ, M. G. C. **Hidrodestilacion de aceites esenciales: Modelado y caracterizacion**. 304 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Tecnologia do Meio Ambiente, Universidade de Valladolid, Valladolid, 2007.

CHU, C. J.; KEMPER, J. K. Lavender (*Lavandula spp*) **Longwood Herbal Task Force**, p. 1-32, jul. 2001.

Disponível em <http://www.mcp.edu/herbal/> acesso em: 30/10/2006.

CORSI, G.; BOTTEGA, S. Glandular hairs of *Salvia officinalis*: New data on morphology, localization and histochemistry in relation to function. **Annals of Botany**, v. 84, p. 657-664, 1999.

CSEKE, L. J.; LU, R.C.; KORNFIELD, A.; KAUFMAN, P. B.; KIRAKOSYAN, A. How and why these compounds are synthesized by plants. In: _____; KIRAKOSYAN, A.; KAUFMAN, P. B.; WARBER, S. L.; DUKE, J. A.; BRIELMANN, H. L. **Natural Products from Plants**, 2 ed., p. 81-83, 2006.

DEWICK, P. M. The mevalonate and deoxixilulose phosphate pathways: terpenoides and steroids. In: **Medicinal Natural Products**. John Wiley & Sons, Ltd., p. 167-289, 2002.

DOB, T.; DAHMANE, D.; TAYEB, B.; CHELGHOUM, C. Chemical composition of the essential oil of *Lavandula dentata* L. from Algeria. **The International Journal of Aromatherapy**. v. 15, p. 110-114, 2005.

DUARTE, M. R.; LOPES, F. J. Morfoanatomia Foliar e Caulinar de *Leonurus sibiricus* L., Lamiaceae. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, v. 24, n. 1, p. 68-74, 2005.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. In: Update on Biochemistry of Plant Volatiles. **Plant Physiology**, v. 135, p. 1893-1902, 2004.

GERSBACH, P. V. The essential oil secretory structures of *Prosthanthera ovalifolia* (Lamiaceae). **Annals of Botany**, v. 89, p. 255-260, 2002.

GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. B. Regulation of monoterpeno accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p. 205-213, 2000.

GOMI, K.; MATSUOKA, M. Gibberellin signalling pathway. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, p. 489-493, 2003.

HAJHASHEMI, V.; GHANNADI, A.; SHARIF, B. Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill., **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89, p. 67-71, 2003.

HUANG, S-S.; KIRCHOFF, B. K.; LIAO, J-P. The capitate and peltate glandular trichomes of *Lavandula pinnata* L. (Lamiaceae): histochemistry, ultrastructure, and secretion. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 135, p. 155-167, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3515, 2002. **Oil of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill)**, 3 ed., 15-04-2002.

KALOUSTIAN, J.; PAULI, A.M.; PASTOR, J. Evolution of camphor and others components in the essential oils of two labiate species during the biological cycle. **Analisis**, v. 28, p. 308-315, 2000.

KIM, N-S.; LEE, S-D. Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 982, p. 31-47, 2002.

LIS-BALCHIN, M. **The Genus Lavender**, Taylor and Francis, London, 2002, v. 2, p. 2. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books>>. Acesso em 04/11/2008.

LORENZI, H. **Plantas Medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p. 237, 2002. 512p.

MARTINS, M. B. G. Estudos de microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata* x *suaveolens* (Lamiaceae). **Bragantia**, v. 61, n. 3, p. 205-218, 2002.

MONAGHAN, J.M.; WURR, D. C.E.; FELLOWS, J. R. The effects of temperature and lighting on flowering of lavender (*Lavandula angustifolia* 'Hidcote'). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 79, p. 811-817, 2004.

MOON, T.; CAVANAGH, M. A.; WILKISON, J. N. Antifungal Activity of Australian Grown *Lavandula* spp. Essential Oils Against *Aspergillus nidulans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Leptosphaeria maculans* and *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal Essential Oil Research**, v. 19, p. 171-175, 2007.

MUÑOZ-BERTOMEU, J. ARRILLAGA, I., SEGURA, J. Essential oil variation within and among natural populations of *Lavandula latifolia* and its relation to their ecological areas. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, p. 479-488, 2007.

POVH, J. A.; ONO, E. O. Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* L. sob ação de reguladores vegetais, **Acta Sciency Biology Science**, v. 28, n. 3, p.189-193, 2006.

REDA, F.; ABDEL-RAHIM, E. A.; EL-BAROTY, G. S. A.; AYAD, H. S. Response of essential oils, phenolic components and polyphenol oxidase activity of thyme (*Thymus vulgaris*, L.) to some bioregulators and vitamins, **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 7, n. 5, p. 735-739, 2005.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3-21, 2001.

SIMÕES, C. M. O.; SPTIZER, V. Óleos voláteis. In_____: SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (org). **Farmacognosia da Planta ao Medicamento**, 5 ed., Ed. UFSC/UFRGS. 2004, p. 467.

SUDRIÁ, C.; PINOL, M. T.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R.; MORALES, C.; BONFILL, M.; CAÑIGUERAR, S. Influence of plant growth regulators on the growth and essential oil content of cultured *Lavandula dentata* plantlets. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 58, p. 177-184, 1999.

SUDRIÁ, C.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R.; BONFILL, M.; PINOL, M. T.; MORALES, C. Effect of benzyladenine and indolebutyric acid on ultrastructure, glands formation, and essential oil accumulation in *Lavandula dentata* plantlets, **Biologia Plantarum**, v. 44, n. 1, p. 1-6, 2001.

UPSON, T. The taxonomy of the genus *Lavandula* L: In: LIS-BALCHIN, M. **The Genus *Lavandula***, Taylor and Francis, London, 2002, v. 2, p. 2.

Disponível em :<<http://books.google.com.br/books>>. Acesso em 04/11/2008

WERKER, E. Trichome diversity and development, **Advances in Botanical Research**. v. 31, p. 1-35, 2000.

YUSUFOĞLU, A.; ÇELİK, H.; KIRBAŞLAR, G. F. Utilization of *Lavandula angustifolia* Miller extracts as natural repellents, pharmaceutical and industrial auxiliaries. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 69, n. 1, p. 1-7, 2004.

3. CAPITULO II - TEOR E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS E FOLHAS DE *Lavandula dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO FLORAL E ÉPOCAS DE COLHEITA.

RESUMO

O óleo essencial de *Lavandula dentata* L. possui importância econômica devido à utilização nas indústrias farmacêutica, cosmética e de higiene pessoal. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o teor e a composição do óleo essencial de inflorescências e folhas de lavanda em diferentes estádios de desenvolvimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo três estádios de desenvolvimento floral (botão, pré-antese/antese e flor senescente) e duas épocas de colheita (janeiro e abril), com cinco repetições. As amostras de óleo essencial foram obtidas por hidrodestilação, sendo os constituintes analisados por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG/EM). Houve interação entre os fatores épocas de colheita e desenvolvimento floral no teor de óleo essencial das inflorescências, sendo observada média superior em botões florais colhidos em janeiro. Os estádios de desenvolvimento não alteraram o teor do óleo essencial das folhas. Os estádios de desenvolvimento também influenciaram nos teores dos constituintes dos óleos essenciais das inflorescências e folhas. Observou-se teor elevado de 1,8-cineol no óleo essencial de botões e flores senescentes, enquanto nos estádios de pré-antese/antese os teores foram menores em ambas as épocas de colheita. Teores elevados de cânfora e fenchona foram observados nos estádios de pré-antese/antese e flores senescentes. O óleo essencial das folhas apresentou teor superior de 1,8-cineol em ramos com flores no estágio de pré-antese/antese. Os teores de cânfora e fenchona foram superiores em ramos contendo botões. O óleo essencial das folhas de ramos com botões e flores senescentes apresentou teor superior de linalol em relação às flores do mesmo estágio de desenvolvimento.

Palavras-chaves: Lavanda. Planta aromática. 1,8-Cineol. Cânfora. Fenchona. Linalol.

ABSTRACT

The essential oil of *Lavandula dentata* L. has economic importance due the utilization by pharmaceutical, cosmetic and personal care industries. The objective of this work was to evaluate the essential oil yield and composition of flowers and leaves at different development stages. The experimental design was completely randomized in a 3 x 2 factorial evaluating three flower development stages (bud, early anthesis/anthesis and senescent flower) and two harvest periods (January and April), with 5 replications. The essential oil samples were obtained by hydrodestillation and analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). There was effect of both harvesting time and flower developmental stages on essential oil yield of flowers, being superior average observed on bud flowers harvested on January. The flower developmental stages did not affect the essential oil yield of leaves. The flower developmental stages also affected the level of the essential oil constituents of flowers and leaves. High level of 1,8-cineol was observed on essential oil of buds and senescent flowers, but it was reduced at early anthesis/anthesis in both harvesting times. The levels of camphor and fenchone also increased at early anthesis/anthesis and senescent flowers. The essential oil from leaves of stems with flowers at early anthesis/anthesis presented higher levels of 1,8-cineol. The camphor and fenchone levels were great on essential oil from leaves of stems with buds. The essential oil from leaves of stems with buds or senescent flowers showed higher levels of linalool than from flowers at the same developmental stage.

Key words: Lavender. Aromatic plant. 1,8-Cineole. Camphor. Fenchone. Linalool.

3.1. INTRODUÇÃO

Entre os gêneros aromáticos da família Lamiaceae mais conhecidos, encontra-se o gênero *Lavandula*, que possui destaque na economia mundial devido a produção de óleos essenciais utilizados nas indústrias de perfumaria, cosmética (BOMBARDA et al., 2008), alimentos (DA PORTO et al., 2009) e terapêuticas (CASSELLA et al., 2002).

Os principais compostos do óleo essencial de *Lavandula dentata* L. são os monoterpenos oxigenados (68,6%), seguido dos monoterpenos hidrocarbonados (2,7%), sesquiterpenos oxigenados (2,6%) e sesquiterpenos hidrocarbonados (2,6%) (DOB et al., 2005). A presença dos monoterpenos oxigenados 1,8-cineol e cânfora conferem ao óleo essencial propriedades medicinais e terapêuticas com ações antiespasmódica, antifúngica e bactericida (CHU e KEMPER, 2001; MOON et al., 2006), antiinflamatórias e analgésicas (HAJHASHEMI et al., 2003), atuando ainda como repelente e inseticida (YUSUFOĞLU et al., 2004).

Estes compostos encontram-se armazenados em tricomas glandulares peltados distribuídos por toda a parte aérea da planta (SUDRIÁ et al., 1999). Segundo Muñoz-Bertomeu et al. (2007), o órgão aonde os tricomas glandulares se distribuem (flores ou folhas) afeta o teor do óleo essencial de *L. latifolia* Medikus, sendo as flores o órgão com maior capacidade de acúmulo. Em *L. dentata*, cultivada na região da Argélia, o teor de óleo essencial de folhas e ramos por sua vez foi superior ao obtido de flores (BOUSMAHA et al., 2005).

A produtividade e a variabilidade fitoquímica do óleo essencial em espécies aromáticas estão relacionadas à fase de desenvolvimento, idade da planta, órgão de armazenamento (SANGWAN et al., 2001) e às condições ambientais as quais as plantas estão submetidas (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

A composição do óleo essencial das flores e folhas de *L. coronopifolia* Poiert. apresentou teores semelhantes para os constituintes linalol, cânfora, 4-terpineol, 1,8-cineol e borneol, enquanto que o óleo essencial obtido de toda a parte aérea da planta (flores, folhas e ramos) apresentou variação nos teores destes constituintes (ABURJAI et al., 2005). Em *L. dentata*, a composição do óleo essencial de toda parte aérea comparado ao apenas de folhas e ramos apresentou teores superiores

de 1,8-cineol, β -pineno, limoneno, enquanto que a composição do óleo extraído de flores apenas, apresentou baixo teor em 1,8 cineol (BOUSMAHA et al., 2005). Os autores verificaram ainda que, além do estágio de desenvolvimento, a época de colheita afetou o teor e composição do óleo essencial sendo o maior teor obtido da parte aérea sem flores (1,1%) colhida no penúltimo mês do florescimento e menor na parte aérea com flores (0,6%) colhida no último mês. Maiores teores de β -pineno, 1,8-cineol, pinocarvona e borneol foram observados no final do florescimento, enquanto os constituintes sesquiterpenos foram superiores no início do florescimento.

A espécie *L. dentata* apresenta bom desenvolvimento nas condições brasileiras e a avaliação de fatores relacionados à sua produção de óleo essencial pode contribuir para a adoção de práticas adequadas de cultivo. Neste trabalho, objetivou-se determinar o teor e a composição do óleo essencial extraído de inflorescências e folhas de *L. dentata* L. em diferentes estádios de desenvolvimento floral e épocas de colheita.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Material vegetal

A produção de mudas foi conduzida em casa de vegetação, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade federal do Paraná (UFPR), PR. O material vegetal utilizado neste experimento foi obtido de matrizes procedentes da região Metropolitana de Curitiba-PR. As exsicatas do material encontram-se depositadas no Herbário do Departamento de Botânica do Setor de Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, sob o registro N^o UPCB 61305, e no Herbário das Faculdades Integradas Espírita (HFE), Curitiba, PR, sob o registro N^o 7207.

A produção de mudas foi realizada por meio de estaquia utilizando-se ramos com 5 a 10 cm de comprimento e 2 a 3 pares de folhas na região apical. As estacas foram mantidas em substrato Plantmax HT[®] durante 60 dias, e sob irrigação intermitente com três turnos de irrigação, sendo de 15 segundos a cada 15 minutos das 8 às 17 horas, 15 segundos a cada hora das 17 às 23 horas e 15 segundos a cada 3 horas das 23 às 8 horas.

Após este período as estacas que apresentaram desenvolvimento vegetativo satisfatório, bem como boas condições fitossanitárias foram transplantadas em sacos plásticos contendo 50% de Plantmax HT[®] e 50% de solo. As mudas permaneceram em condições de casa de vegetação com irrigação manual durante 150 dias.

Após o cultivo das plantas, estas foram transplantadas para a área do experimento, Centro de Estações Experimentais do Canguiri (CEEx) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), PR, localizado à 25°17' latitude Sul e 44°14' longitude Oeste, com 950 m de altitude. A região apresenta clima subtropical úmido meso-térmico (SILVA et al., 2003).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3, sendo dois períodos de colheita (janeiro e abril) e três estádios de desenvolvimento floral (botões, inflorescências na pré-antese/antese e flores senescentes), cinco plantas por repetição. As colheitas foram realizadas em janeiro

e abril de 2008 e as condições climáticas da região no período são apresentadas nas Figuras 4 e 5 (INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR, 2008).

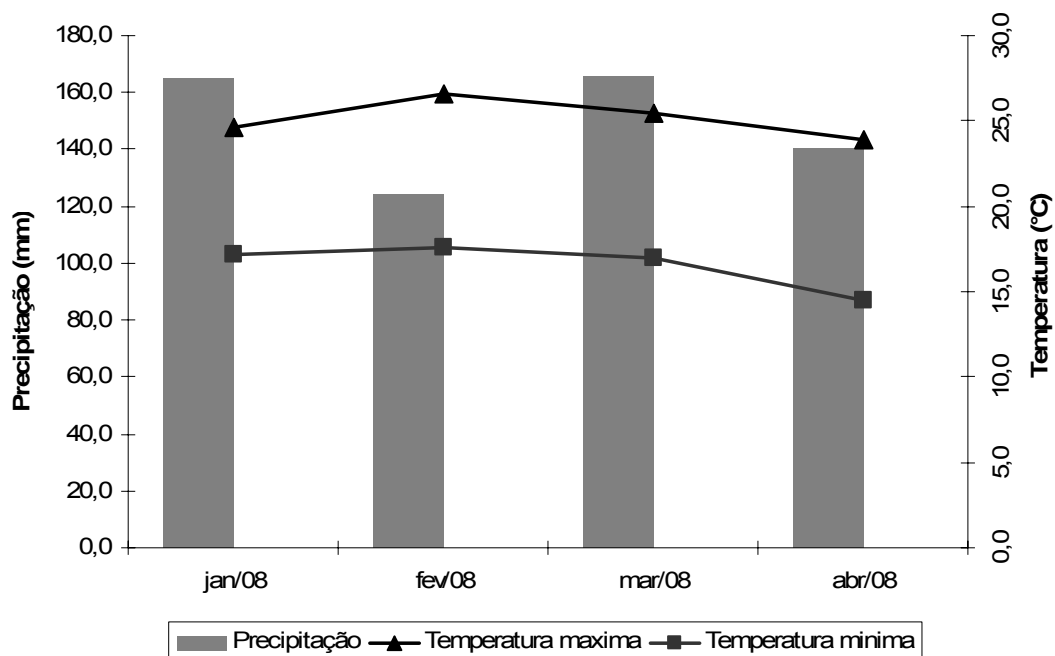


FIGURA 4-MÉDIAS MENSAIS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS E MINÍMAS, PRECIPITAÇÃO, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, JAN./ABR., 2008.

FONTE: INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR (2008)

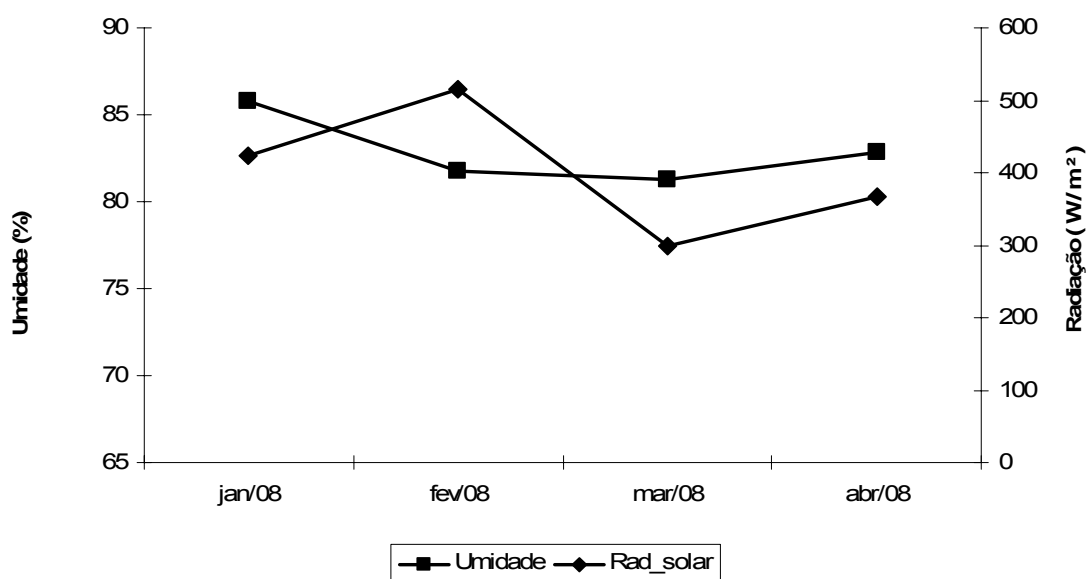


FIGURA 5- MÉDIAS MENSAIS DE RADIAÇÃO E UMIDADE RELATIVA, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, JAN./ABR., 2008.

FONTE: INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR (2008)

As inflorescências foram classificadas de acordo com o desenvolvimento, sendo consideradas em botões aquelas com 2 a 3 cm de comprimento (FIGURAS 6A e 6B); em pré-antese/antese com 3 a 5 cm (FIGURAS 6C e 6D) e senescentes acima de 5 cm (FIGURAS 6E e 6F).

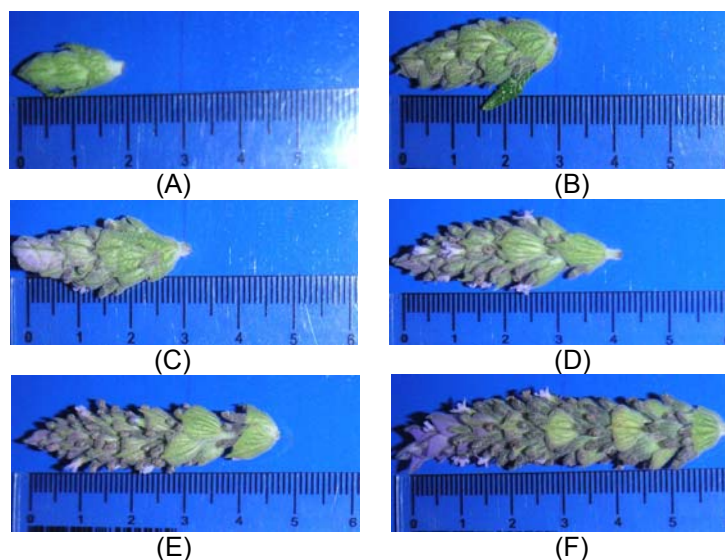


FIGURA 6-ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, MAIO, 2008.

3.2.2. Extração do óleo essencial

A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação durante 2 h em aparelho graduado tipo Clevenger com balão volumétrico com capacidade de 2 L, utilizando-se 30 g de inflorescências. Na colheita de abril foram coletadas 30 g amostras de folhas em cada estágio de desenvolvimento floral (botões, inflorescências na pré-antese/antese e flores senescentes) para a extração de óleo essencial.

O teor de óleo essencial foi determinado com o auxílio de micropipetas de precisão (0-100 μ L), sendo as amostras mantidas congeladas à -18°C até o momento da análise.

3.2.3. Caracterização química do óleo essencial

A caracterização química do óleo essencial das inflorescências e folhas de *L. dentata* foi realizada pela EMBRAPA, Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro.

A quantificação dos constituintes do óleo essencial das inflorescências e folhas de *L. dentata*, foi realizada por cromatografia à gás, em equipamento Agilent 6890N, equipado com detector de ionização por chama (FID), operado a 250°C e uma coluna HP5 (30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme líquido), utilizando-se hidrogênio como gás de arraste (1,0 mL min⁻¹). Foi injetado 1,0 µL de amostra em injetor aquecido a 250°C operando no modo com divisão de fluxo (1:20). A programação de temperatura do forno foi de 60°C a 240°C, a uma taxa de aquecimento de 3°C min⁻¹ com 50 min de tempo total da corrida. Para a quantificação foram utilizados os valores de área normalizada, expressos em porcentagem.

Os espectros de massas foram obtidos em cromatógrafo Agilent 6890N acoplado ao detector seletivo de massas Agilent 5973N, equipado com uma coluna capilar HP5MS (30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme líquido) utilizando hélio como gás carreador (1,0 mL.min⁻¹), nas mesmas condições utilizadas acima. O detector foi operado no modo impacto de elétrons, com energia de ionização de 70eV. Os índices de retenção para o óleo essencial das inflorescências e folhas foram calculados após a injeção de uma série homóloga de *n*-alcanos, nas mesmas condições utilizadas para as amostras. A identificação dos constituintes do óleo foi realizada por comparação dos índices de retenção calculados com os valores da literatura (ADAMS, 2001) e pela comparação dos espectros de massas obtidos com os da biblioteca Wiley 6th edition.

3.2.4. Análise estatística

As análises de variâncias foram realizadas utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.4 beta (SILVA e AZEVEDO, 2006). As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Teor de óleo essencial das inflorescências

Houve interação entre os fatores colheita e desenvolvimento das inflorescências no teor do óleo essencial de *L. dentata*, sendo significativamente superior o estágio de botões nas colheitas realizadas em janeiro e abril (TABELA 1). Além disso, em janeiro os botões apresentaram teor superior de em óleo essencial comparado ao mês de abril. Quando a colheita foi realizada em janeiro, as flores senescentes apresentaram menor teor de óleo essencial. As inflorescências na pré-antese/antese e flores senescentes colhidas em abril não apresentaram diferença no teor de óleo essencial.

TABELA 1- TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO. CURITIBA, PR, JAN./ABR., 2008.

Colheita	Estádios de desenvolvimento		
	Botão	Pré-antese/antese	Senescente
Janeiro	20,36 Aa	6,29 Ba	0,68 Cb
Abril	17,61 Ab	6,35 Ba	4,52 Ba

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores superiores de óleo essencial observados em botões de *L. dentata* podem estar relacionados à proteção dos tricomas glandulares peltados pelo cálice floral, uma vez que o cálice recobre todas as estruturas florais neste estágio (WERKER, 2000). Em lavandin (*L. angustifolia* x *L. latifolia*), o óleo essencial encontra-se armazenado em tricomas glandulares peltados localizados na superfície externa das flores (CHÁVEZ, 2007), enquanto, Werker (2000) sugere que as flores de *L. officinalis* possuem tricomas glandulares na superfície interna e externa da corola. A ontogenia da estrutura floral também pode contribuir para o maior acúmulo em botões. Em menta (GERSHENZON et al., 2000) e manjerição (DESCHAMPS et al., 2006) tem sido observado maior teor de óleo essencial em tecidos jovens

decorrentes da maior expressão de genes envolvidos com a síntese de constituintes de óleos essenciais. Avaliações anteriores em outras espécies do gênero *Lavandula* demonstram também efeito do fator genético. Resultados semelhantes foram obtidos por Beus (2005) em *L. angustifolia* aonde teores superiores ocorreram em botões e em pré-antese/antese. Em lavandin (*L. angustifolia* x *L. latifolia*), o teor de óleo essencial das inflorescências no estágio de antese e senescente são superiores ao teor de óleo essencial das inflorescências no estágio de pré-antese (KALOUSTIAN et al., 2000). Em *L. x intermedia* cv. Grosso o teor de óleo essencial aumentou gradativamente do estágio de botões até 30% do estágio de antese das inflorescências, reduzindo até o estágio senescente, enquanto nas inflorescências de *L. angustifolia* cv. Munstead o teor de óleo essencial manteve-se constante durante os estádios de desenvolvimento (BOECKELMANN, 2008).

Com relação às épocas de colheita, em janeiro observou-se temperatura, precipitação, radiação e umidade superiores ao período de abril, o que contribuiu para menor acúmulo de óleo essencial no estágio senescente das inflorescências. Segundo Sangwan et al. (2001) e Gershenzon et al. (2000), fatores ambientais podem alterar o teor de óleo essencial, onde dias longos de sol favorece o florescimento, porém períodos de chuva durante o florescimento reduzem o acúmulo de óleo essencial.

3.3.2. Composição do óleo essencial das inflorescências

Foram identificados 20 constituintes no óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* nos estádios de desenvolvimento de botões, pré-antese/antese e flores senescentes. Porém, os constituintes majoritários foram os monoterpenos hidrocarbonados (α -pineno, β -pineno e limoneno) e os monoterpenos oxigenados (1,8-cineol, fenchona, linalol, α -fenchol e cânfora). A composição do óleo essencial foi afetada pelo estágio de desenvolvimento floral, sendo observados teores superiores de α -pineno, β -pineno, limoneno e linalol no estágio de botões. Nos estádios de pré-antese/antese e flores senescentes, os teores destes constituintes foram inferiores em ambas as épocas de colheita (TABELA 2).

TABELA 2- CONSTITUINTES (%) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO FLORAL COLHIDAS EM DUAS ÉPOCAS. CURITIBA, PR, JAN./ABR., 2008.

Época de colheita	Janeiro			Abril		
Desenvolvimento	Botão	Pré- antese/antese	Senescente	Botão	Pré- antese/antese	Senescente
α -Pineno	2,8	0,7	0,8	2,4	0,7	1,4
β -Pineno	5,2	1,9	1,9	5,3	2,3	2,9
Limoneno	3,1	1,7	1,5	4,4	2,5	2,1
1,8 Cineol	23,9	17,9	20,7	23,7	21,9	27,0
Fenchona	10,4	13,2	11,7	11,0	12,3	12,9
Linalol	2,6	1,7	1,0	3,2	2,9	1,8
α -Fenchol	5,5	7,1	5,9	5,6	6,3	5,8
Cânfora	16,3	23,5	23,2	15,1	19,7	20,9
% Total Identificados	69,8	67,7	66,6	70,7	68,5	74,8
Outros Monoterpenos	21,5	24,5	16,0	18,7	17,9	16,9
Outros Sesquiterpenos	8,7	7,8	17,4	10,7	13,6	8,3
% Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Os teores dos constituintes fenchona, α -fenchol e cânfora apresentaram por sua vez, teores inferiores no estágio de botões. O constituinte 1,8-cineol foi o único cujo teor foi superior em dois estádios (botão e senescente) em ambas as épocas de colheita. Com relação à época de colheita, teores superiores dos constituintes β -pineno, limoneno e linalol e inferiores de cânfora foram observados em inflorescências colhidas em abril em todos os estádios de desenvolvimento. De forma contrária, o teor de cânfora em flores de *L. x intermedia* foi superior no estágio de botões (BOECKELMANN, 2008).

Estas alterações nos teores dos constituintes do óleo essencial estão relacionadas com reações químicas reguladas pelo nível de expressão gênica e/ou atividade de enzimas regulatórias da síntese dos constituintes do óleo essencial (GERSHENZON et al., 2000). Em flores de boca de leão (*Antirrhinum majus* L.), a emissão do composto volátil metil benzoato foi superior quatro dias após a antese e reduziu gradualmente após este período (DUDAREVA et al., 2000). Segundo os autores, a emissão do metil benzoato é regulada pelo nível do substrato ácido benzóico e pela atividade da enzima ácido benzóico metil transferase.

Os teores dos constituintes observados neste trabalho diferem de relatos anteriores sobre a composição do óleo essencial das flores de *L. dentata*, principalmente com relação ao constituinte cânfora. Conforme Bousmaha et al.

(2005), os constituintes cânfora e fenchona não foram identificados no óleo essencial de flores de *L. dentata*.

3.3.3. Teor de óleo essencial das folhas e inflorescências

Houve interação significativa para o teor de óleo essencial nos órgãos de armazenamento e estádios de desenvolvimento para a colheita de abril (TABELA 3). O teor de óleo essencial das inflorescências foi superior no estágio de botões, enquanto nas folhas não houve diferença dos teores em relação aos estádios de desenvolvimento floral. Considerando o órgão de armazenamento, os teores de óleo essencial de folhas de *L. dentata* foram superiores aos teores de inflorescências nos estádios de pré-antese/antese e senescente.

TABELA 3-TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS E FOLHAS DE *L. dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO NA COLHEITA DE ABRIL. CURITIBA, PR, ABR., 2008.

Órgão de armazenamento	Estádio de desenvolvimento		
	Botão	Pré-antese/antese	Senescente
Inflorescências	17,61 Aa	6,35 Bb	4,52 Bb
Folhas	19,20 Aa	21,30 Aa	18,27 Aa

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estudos do estágio de desenvolvimento da planta associado ao teor de óleo essencial das inflorescências e folhas com outras espécies do gênero *Lavandula* apresentaram resultados contrários ao encontrado neste estudo. O teor de óleo essencial das folhas de lavandin (*L. angustifolia* x *L. latifolia*) nos estádios de pré-antese, antese e senescente das inflorescências, foram inferiores ao teor de óleo essencial das inflorescências (KALOUSTIAN et al., 2000). Também em *L. x intermedia*, o teor de óleo das folhas nos estádios de desenvolvimento foi inferior ao teor de óleo essencial das inflorescências (BOECKELMANN, 2008). Bousmaha et al. (2005) observaram teor de óleo essencial crescente durante o período do florescimento em folhas e ramos de *L. dentata*, com redução no final do florescimento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bousmaha et al. (2005) avaliando o teor do óleo essencial de *L. dentata* onde teores superiores ocorreram em folhas e ramos comparados aos teores de flores.

O acúmulo de óleo essencial nos estádios iniciais do desenvolvimento das inflorescências e folhas de *L. x intermedia* e *L. angustifolia* é regulado pelo nível de expressão do gene e da atividade enzimática (BOECKELMANN, 2008).

3.3.4. Composição do óleo essencial das folhas e inflorescências

Os estádios de desenvolvimento também afetaram a composição dos constituintes presentes no óleo essencial das folhas de *L. dentata*, sendo os teores dos constituintes linalol e α -fenchol superiores e de, β -pineno e limoneno inferiores em folhas comparados aos teores de inflorescências em todos os estádios de desenvolvimento (TABELA 4). O teor de linalol nas folhas, assim como nas inflorescências, foi superior quando obtido em folhas de ramos com inflorescências em botões. Porém, os teores de fenchona, α -fenchol e cânfora, que foram inferiores em inflorescências no estágio de botões, apresentaram teores superiores em folhas de ramos com inflorescências no mesmo estágio. De forma semelhante, os constituintes α -pineno, β -pineno e limoneno, que apresentaram redução nos teores das inflorescências durante o desenvolvimento, tiveram teores superiores em folhas de ramos com inflorescências nos estádios de pré-antese/antese e senescente.

TABELA 4- CONSTITUINTES (%) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS E INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO FLORAL NA COLHEITA DE ABRIL. CURITIBA, PR, ABR., 2008.

Local de armazenamento	Folhas			Inflorescências		
Desenvolvimento	Botão	Pré-antese/antese	Senescente	Botão	Pré-antese/antese	Senescente
α -Pineno	0,1	0,9	0,3	2,4	0,7	1,4
β -Pineno	0,3	1,9	0,8	5,3	2,3	2,9
Limoneno	0,5	2,4	1,0	4,4	2,5	2,1
1,8 Cineol	17,9	22,1	18,2	23,7	21,9	27,0
Fenchona	14,3	12,5	12,1	11,0	12,3	12,9
Linalol	4,7	3,1	3,9	3,2	2,9	1,8
α -Fenchol	14,3	8,3	9,4	5,6	6,4	5,8
Cânfora	22,8	17,2	18,0	15,1	19,7	20,9
% Total Identificados	74,9	68,5	63,7	70,7	68,5	74,8
Outros Monoterpenos	16,7	12,9	16,6	18,7	17,9	16,9
Outros Sesquiterpenos	8,4	18,6	19,7	10,7	13,6	8,3
% Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Os teores dos constituintes majoritários 1,8-cineol, cânfora, fenchona e α -fenchol nos diferentes estádios de desenvolvimento diferem dos anteriormente relatados. Segundo Kaloustian et al. (2000), o óleo essencial das folhas de *L. dentata* apresentou como constituinte majoritário a cânfora, 1,8-cineol e linalol. O óleo essencial das folhas e ramos de *L. dentata* apresentou também diferenças na composição durante o florescimento, sendo o teor de 1,8-cineol e de fenchona superior no início do florescimento e de cânfora constante (BOUSMAHA et al., 2005). O óleo essencial de folhas de *L. x intermedia* também apresentou variações nos teores dos constituintes durante os estádios de desenvolvimento do tecido foliar (BOECKELMANN, 2008). O teor de cânfora aumentou com a idade do tecido, e portanto, de forma contrária com os resultados obtidos neste trabalho onde o teor deste constituinte foi superior nas folhas mais novas (com inflorescências em botões). Resultados contrários também foram relatados por Bousmaha et al. (2005), sendo o teor de 1,8-cineol, α -pineno, β -pineno, limoneno em flores de *L. dentata* inferior aqueles da parte aérea sem flores. Em lavandin (*L. angustifolia* x *L. latifolia*), os teores de 1,8-cineol e cânfora foram maiores nas folhas, porém os teores de linalol e acetato de linalila foram superiores nas flores (KALOUSTIAN et al., 2000). As diferenças dos resultados obtidos neste trabalho podem estar relacionadas ao material genético utilizado, bem como as condições ambientais as quais os experimentos foram conduzidos. Considerando que os constituintes 1,8-cineol e

cânfora conferem ao óleo essencial de *L. dentata* propriedades medicinais devido à ação antifúngica e bactericida, respectivamente, as folhas também podem ser utilizadas para a produtividade de óleo essencial desta espécie tendo em vista que os teores foram semelhantes aos observados nas inflorescências.

3.4. CONCLUSÕES

O teor e a composição fitoquímica do óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* estão associados aos estádios de desenvolvimento floral da espécie e época de colheita.

As inflorescências no estágio de botões acumulam teor superior de óleo essencial em ambas as épocas de colheita.

O teor do óleo essencial das folhas não é afetado pelo estágio de desenvolvimento das inflorescências.

As inflorescências apresentam teores superiores de β -pineno e limoneno e teores inferiores de linalol e α -fenchol comparados aos teores das folhas.

Os teores de α -pineno, β -pineno, limoneno e linalol do óleo essencial de inflorescências diminuem com os estádios de desenvolvimento.

Os teores de fenchona, linalol, α -fenchol e cânfora do óleo essencial de folhas diminuem de acordo com os estádios de desenvolvimento floral.

REFERÊNCIAS

ABURJAI, T.; HUDIAB, M.; CAVRINI, V. Chemical Composition of the Essential Oil from Different Aerial Parts of Lavender (*Lavandula coronopifolia* Poiret) (Lamiaceae) Grown in Jordan. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, p. 49-51, 2005.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. Carol Stream: Allured, 2001. 452 p.

BEUS, E. C. **Growing and marketing Lavender**. Farm the Northwest series-Small Farms Team. Washington State University - Extension, 2005.

BOECKELMANN, A. **Monoterpene production and regulation in Lavenders (*Lavandula angustifolia* and *Lavandula x intermedia*)**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - The College of Graduate Studies, University of British Columbia – Okanagan, 2008.

BOUSMAHA, L.; BEKKARA, F. A.; TOMI, F.; CASANOVA, J. Advances in the chemical composition of *Lavandula dentata* L. essential oil from Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, p. 292-295, 2005.

BOMBARDA, I.; DUPUY, N.; LE VAN DA, J. P.; GAYDOU, E. M. Comparative chemometric analyses of geographic origins And compositions of lavandin var. Grosso essential oils By mid infrared spectroscopy and gas chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, p. 31-39, 2008.

CASSELLA, S.; CASSELLA, J. P.; SMITH, I. Synergistic antifungal activity of tea tree (*Melaleuca Alternifolia*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils against dermatophyte infection. **The International Journal of Aromatherapy**, v. 12, n. 1, 2002.

CHÁVEZ, M. G. C. **Hidrodestilacion de aceites esenciales: Modelado y caracterizacion**. 304 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Tecnologia do Meio Ambiente, Universidade de Valladolid, Valladolid, 2007.

CHU, C. J.; KEMPER, J. K. Lavender (*Lavandula spp*) **Longwood Herbal Task Force**, p. 1-32, 2001.

Disponível em <http://www.mcp.edu/herbal/> acesso em: 30/10/2006.

CORSI, G.; BOTTEGA, S. Glandular hairs of *Salvia officinalis*: New data on morphology, localization and histochemistry in relation to function. **Annals of Botany**, v. 84, p. 657-664, 1999

DA PORTO, C.; DECORTI, D.; KIKIC, I.; Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods. **Food Chemistry**, v. 112, p. 1072-1078, 2009.

DESCHAMPS, C.; GANG, D. DUDAREVA, N.; SIMONS, J, E. Developmental regulation of phenylpropanoid biosynthesis in leaves and glandular trichomes of basil (*Ocimum basilicum* L.). **International Journal of Plant Sciences**, v. 167, n. 3, p. 447-454, 2006.

DOB, T.; DAHMANE, D.; TAYEB, B.; CHELGHOUM, C. Chemical composition of the essential oil of *Lavandula dentata* L. from Algeria. **The International Journal of Aromatherapy**, v. 15, p. 110-114, 2005.

DUDAREVA, N.; MURFITT, L. M.; MANN, C. J.; GORENSTEIN, N.; KOLOSOVA, N.; KISH, C.M.; BONHAM, C.; WOOD, K. Developmental regulations of methyl benzoate biosynthesis and emission in snapdragon flowers. **The Plant Cell**, v. 12, p. 949-961, 2000.

GERSHENZON, J.; McCONKEY, M. E.; CROTEAU, R. B. Regulation of monoterpeno accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p. 205-213, 2000.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007. Revisão.

HAJHASHEMI, V.; GHANNADI, A.; SHARIF, B. Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill., **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89, p. 67-71, 2003.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR. **Comercialização e cessão de dados agrometeorológicos**. Curitiba, 2008.

KALOUSTIAN, J.; PAULI, A.M.; PASTOR, J. Evolution of camphor and others components in the essential oils of two labiate species during the biological cycle. **Analisis**, v. 28, p. 308-315, 2000.

MOON, T.; WILKINSON, J. M.; CAVANAGH, H. M. A. Antibacterial activity of essential oils, hydrosols and plant extracts from Australian grown *Lavandula* spp. **The International Journal of Aromatherapy**, v. 16, p. 9-14, 2006.

MUÑOZ-BERTOMEU, J.; ARRILLAGA, I.; SEGURA, J. Essential oil variation within and among natural populations of *Lavandula latifolia* and its relation to their ecological areas. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, p. 479-488, 2007.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3-21, 2001.

SILVA, E. T.; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 1, n. 1, p. 51-54, 2003.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the assistat-statistical assistance software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4. Orlando-FL-USA: Anais: Orlando: **American Society of Agricultural Engineers**, p. 393-396, 2006.

SUDRIÁ, C.; PIÑOL, M. T.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R. M.; VILA, R.; MORALES, C.; BONFILL, M.; CAÑIGUERAL, S. Influence of plant growth regulators on the growth and essential oil content of cultured *Lavandula dentata* plantlets. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 58, p. 177-184, 1999.

YUSUFOĞLU, A.; ÇELİK, H.; KIRBAŞLAR, G. F. Utilization of *Lavandula angustifolia* Miller extracts as natural repellents, pharmaceutical and industrial auxiliaries, **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 69, n. 1, p. 1-7, 2004.

WERKER, E. Trichome diversity and development, **Advances in Botanical Research**. v. 31, p.1-35, 2000.

4. CAPITULO III – DESENVOLVIMENTO DE *Lavandula dentata* L., TEOR, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL APÓS A APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA.

RESUMO

A lavanda (*Lavandula dentata* L.) é uma espécie aromática nativa da região do Mediterrâneo, cujo óleo essencial encontra-se presente predominantemente nas flores. Os monoterpenos oxigenados são responsáveis pela importância econômica nas indústrias farmacêuticas, cosméticas e de higiene pessoal. O teor e a composição do óleo essencial são afetados por diversos fatores, entre eles o órgão de armazenamento, estágio de desenvolvimento floral e aplicação de reguladores vegetais como giberelinas e citocininas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo e o teor, produtividade e a composição do óleo essencial nos estádios de botões, flores e folhas após aplicação de GA₃ e extrato de alga marinha. O experimento foi conduzido no Centro de Estações Experimentais do Canguiri - UFPR. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3x3 compostos por concentrações de GA₃ (0, 100 e 200 mg.L⁻¹) e extrato de alga marinha (0, 15 e 30 mg.L⁻¹), em quatro repetições com quatro plantas úteis por parcela. Os tratamentos foram aplicados em março e maio. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação e analisado por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG/EM). A aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ aumentou a biomassa das inflorescências em estágio de antese, porém a aplicação das concentrações de GA₃ e EAM não afetaram a biomassa de botões. A produtividade do óleo essencial das inflorescências no estágio de antese também aumentou com a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃, mas houve redução da produtividade de óleo essencial no estágio de botões. A aplicação de 30 mg.L⁻¹ de EAM isolada ou combinada com 200 mg.L⁻¹ de GA₃ afetou a composição do óleo essencial das inflorescências de *L. dentata*, reduzindo o teor de 1,8-cineol e cânfora.

Palavras-chaves: Lavanda. Plantas aromáticas. Óleo essencial. 1,8-Cineol. Cânfora. Linalol.

ABSTRACT

Lavender (*Lavandula dentata* L.) is an aromatic species native from the Mediterranean region. Its essential oil is present mainly in the flowers. The oxygenated monoterpenes are responsible for its economic importance in pharmaceutical, cosmetic and personal care industries. The essential oil yield and composition are affected by many factors, including plant ontogeny, plant storage organ, flower developmental stage and plant growth regulators such as gibberellins and cytokinins. The objective of this work was to evaluate the vegetative growth, productivity and essential oil yield and composition of buds, flowers and leaves, after the application of gibberellic acid and seaweed extract. The experiment was carried out at the Center of Experimental Stations at Canguiri – UFPR. The experiment was in randomized block with a 3x3 factorial design comparing GA₃ (0, 100 and 200 mg.L⁻¹) and seaweed extract (0, 15 and 30 mg.L⁻¹) concentrations with four replications with four plants each. The treatments were applied in March and May. The essential oil was extracted by hydrodistillation and analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). The use of 100 mg.L⁻¹ of GA₃ increased the biomass of inflorescence at anthesis stage; however the applications of GA₃ and EAM did not affect the bud biomass. The essential oil productivity of inflorescences at the anthesis stage also increased with applications of GA₃ at 100 mg.L⁻¹, but reduced the essential oil productivity of buds. The use of seaweed applications at 30 mg.L⁻¹, alone or combined with 200 mg.L⁻¹ of GA₃ affected the essential oil composition of inflorescences, reducing the levels of 1,8-cineol and camphor.

Key words: Lavender. Aromatic plants. Essential oil. 1,8-Cineole. Camphor. Linalool.

4.1. INTRODUÇÃO

Lavandula dentata L. é uma espécie nativa da região do Mediterrâneo (DOB et al., 2005), sendo atualmente cultivada em diversos países como Brasil (AMARAL 2007), Argélia (BOUSMAHA et al., 2005) e Coréia do Sul (KIM e LEE, 2002). As espécies de *L. dentata* possuem óleo essencial rico em monoterpenos oxigenados (DOB et al., 2005), sendo que a interação destes com os demais constituintes monoterpenos hidrocarbonados e sesquiterpenos (MOON et al., 2007) confere ao óleo importância econômica, principalmente em indústrias farmacêuticas (SUDRIÁ et al., 1999) devido às suas propriedades terapêuticas (BRADLEY et al., 2007), com ações antiespasmódica, antifúngica e bactericida (CHU e KEMPER, 2001; MOON et al., 2006), antiinflamatórias e analgésicas (HAJHASHEMI et al., 2003), e nas plantas repelente natural e inseticida (YUSUFOĞLU et al., 2004).

O óleo essencial de *L. dentata* encontra-se armazenado em tricomas glandulares peltados distribuídos por toda a parte aérea e órgãos reprodutivos da planta (SUDRIÁ et al., 1999). Nas folhas, os tricomas glandulares estão presentes em maior densidade na superfície abaxial (SUDRIÁ et al., 2001). Estudos demonstraram a presença de tricomas glandulares peltados na superfície externa e ausência destes na superfície interna das flores de lavandin (*L. x intermedia*) híbrido de (*L. angustifolia* Mill. x *L. latifolia* Medikus) (CHÁVEZ, 2007). Werker (2000) relata a existência de tipos diferentes de tricomas glandulares na superfície interna e externa da corola em *L. officinalis* Chaix & Kitt.. Nas flores de *Salvia officinalis* L. os tricomas glandulares peltados estão localizados no cálice e durante a antese distribuem-se na superfície deste (CORSI e BOTTEGA, 1999).

O órgão de armazenamento (BOUSMAHA et al., 2005), a densidade dos tricomas glandulares (SUDRIÁ et al., 2001), a ontogenia floral (WERKER, 2000), luz e temperatura (DUDAREVA et al., 2004) são fatores que podem alterar o teor e a composição do óleo essencial em espécies aromáticas (SANGWAN et al., 2001). Em adição, a aplicação de GA₃ e extrato de alga marinha podem aumentar a produção de biomassa e a biossíntese de óleos essenciais (STORCK, 2008).

Quando aplicadas, as citocininas e giberelinas são capazes de promover alterações no metabolismo primário e secundário das plantas, produzindo alterações no teor e na composição do óleo essencial (REDA et al., 2005; SCAVRONI et al., 2006). Em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), a cinetina aumentou a taxa de crescimento devido aos efeitos deste regulador na divisão celular, maturação dos cloroplastos, expansão celular em folhas e atraso na senescência (BARREIRO et al., 2006). A aplicação de giberelina em gerânio (*Pelargonium* spp.) promoveu o alongamento floral e aumentou o teor de óleo essencial, porém, reduziu o período de florescimento em rosa (*Rosa damascena* Mill.) (FAROOQI et al., 1993¹ citado por SANGWAN et al., 2001). Em *Artemisia annua* L. a aplicação de GA₃ aumentou o teor de óleo essencial e a concentração de artemisina, e a cinetina aumentou somente o teor do óleo essencial (FAROOQI et al., 1996).

A aplicação foliar de quatro diferentes fontes de citocininas (cinetina, difeniluréia, benzilaminopurina e zeatina) promoveu aumento na biomassa de *M. x piperita* L., *Mentha spicata* L. e *S. officinalis*. Não houve efeito significativo no acúmulo de biomassa em *Mentha suaveolens* L. e *L. vera* DC para todas as fontes de citocininas testadas. O teor de óleo essencial também foi avaliado com as mesmas fontes de citocinina e espécies, porém, para a *L. vera* 1 mg.L⁻¹ de zeatina e 1 mg.L⁻¹ de BAP aumentaram o teor do óleo essencial em 57% em relação à testemunha (EL-KELTAWI e CROTEAU, 1987).

Em *M. x piperita*, o teor de mentol aumentou com a aplicação de cinetina e difeniluréia, e reduziu com a aplicação de benzilaminopurina e zeatina. A composição do óleo essencial de *L. vera* alterou com a aplicação das quatro fontes de citocininas nas concentrações de 1, 2 e 4 mg.L⁻¹ para cinetina, benzilaminopurina e zeatina e 2, 5 e 10 mg.L⁻¹ para difeniluréia, resultando em aumento dos teores dos constituintes borneol (25%-33%) e 1,8-cineol (7%-9%) (EL-KELTAWI e CROTEAU, 1987).

A adição de BAP (6-benzilaminopurina) em meio de cultura de *L. dentata* aumentou o número de folhas, o tamanho das plantas, massa fresca e o acúmulo de óleos essenciais. A estrutura foliar de *L. dentata* também foi alterada com a inibição da formação de tricomas glandulares em 44% em relação à testemunha, porém mais

¹ FAROOQI A.H.A.; SHARMA S.; NAQVI A.A.; KHAN A.. The effect of kinetin on flower and oil production in *Rosa damascena*. J. Essential. Oil. Res. v. 5, p. 305–309, 1993.

resistente a rupturas. O BAP também diminuiu o tamanho médio das células dos mesófilos e aumentou o número de cloroplastos (SUDRIÁ et al., 2001).

Povh e Ono (2006) relataram que a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ aumentou a produção de óleo essencial em *S. officinalis*, enquanto 100 mg.L⁻¹ de BAP diminuiu. Com relação à interação dos reguladores vegetais, os autores relataram que a aplicação do produto comercial Stimulate® 2%, o qual é composto pela combinação de ácido giberélico (GA₃), cinetina (Kt) e ácido indolbutírico (IBA), promoveram aumento no teor de óleo essencial quando comparado ao tratamento controle.

A utilização do extrato de alga marinha como bioestimulante é uma alternativa para a agricultura orgânica, que necessita de fertilizantes e controles fitossanitários naturais (GARCIA e NORRIE, 2004). A produtividade do óleo essencial de *Pogostemon cablin* Benth, aumentou em 60% com a aplicação de 15 mg.L⁻¹ de extrato de alga marinha (*Ascophyllum nodosum*); esta mesma concentração aumentou também o número de folhas (STORCK, 2008). Zhang e Ervin (2004) identificaram a presença de alta concentração (66 µg.g⁻¹) de zeatina ribosídica como fonte de citocinina no extrato de *A. nodosum*.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo e o teor e composição do óleo essencial de botões florais, inflorescências e folhas de *L. dentata* após aplicação de ácido giberélico (GA₃) e extrato de alga marinha (*A. nodosum*).

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Preparo das mudas

A produção de mudas foi realizada em condições de casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, no período de maio a agosto de 2007.

As mudas de *Lavandula dentata* L. foram produzidas a partir de matrizes procedentes da região Metropolitana de Curitiba-PR, por meio de estacas com 5 a 10 cm de comprimento e 2 a 3 pares de folhas na região apical da estaca. Estas foram mantidas em tubetes de 50 cm³ contendo Plantmax HT[®], durante 60 dias, com sistema de irrigação intermitente com três turnos de irrigação, sendo de 15 segundos a cada 15 minutos, das 08 às 17 horas, 15 segundos a cada hora das 17 às 23 horas e 15 segundos a cada 3 horas das 23 às 08 horas.

Após este período, as mudas que apresentaram desenvolvimento vegetativo satisfatório, bem como boas condições fitossanitárias, foram selecionadas para o transplântio em saquinhos contendo 50% de Plantmax HT[®] e 50% de solo e conduzidas em condições de casa de vegetação com sistema de irrigação manual, sendo as regas realizadas 3 vezes por semana. As mudas permaneceram nestas condições durante 120 dias.

4.2.2. Experimento a campo

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2007 a julho de 2008 no Centro de Estações Experimentais do Canguri (CEEx) - UFPR no município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba,PR, localizado geograficamente a 950 m de altitude, 25°17' latitude Sul e 44°14' longitude oeste. A região apresenta características de clima subtropical meso-térmico, super úmido (SILVA et al., 2003).

Sendo no decorrer do experimento as condições climáticas são apresentadas nas FIGURAS 7 e 8 (INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR, 2008).

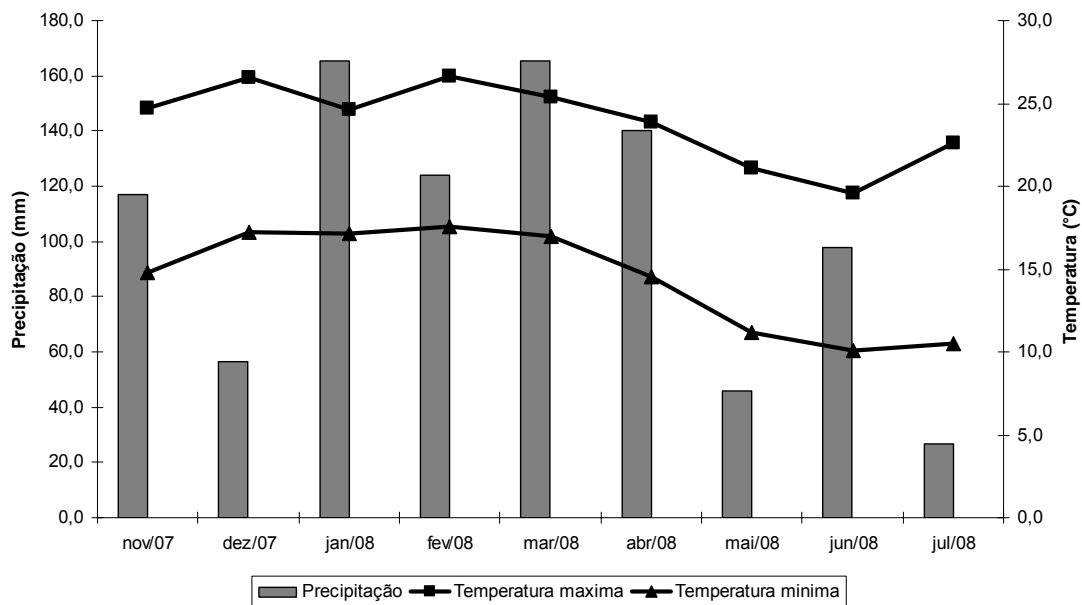


FIGURA 7-MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURAS MÉDIAS MÁXIMAS E MÍNIMAS, CEEEX, UFPR, PINHAIS, PR, NOV./JUL., 2008.

FONTE: INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR (2008)

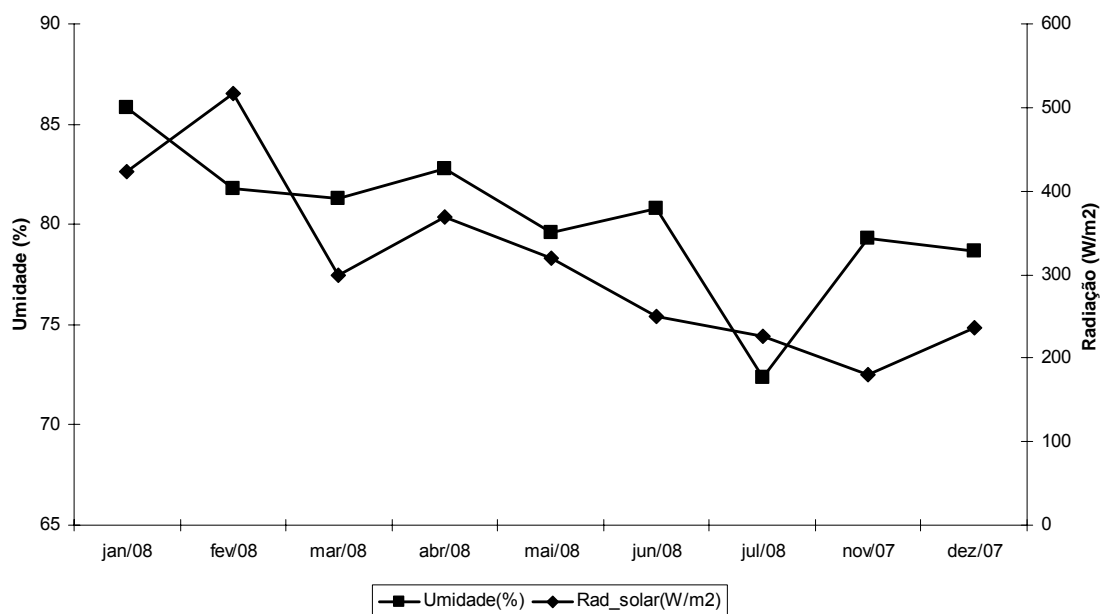


FIGURA 8- MÉDIAS MENSAIS DE RADIAÇÃO E UMIDADE RELATIVA, CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, NOV./JUL., 2008.

FONTE: INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR (2008)

Para a análise das características químicas do solo, procedeu-se a coleta de amostras (SBCS, 2004), na profundidade de 0-20 cm. Os resultados da análise são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5-CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL COLETADO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM. CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, OUT., 2007.

pH	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	C	V	Ca/Mg
CaCl ₂	SMP	cmol _c /dm ₃					mg/dm ₃	g/dm ₃	%	
6,1	6,5	0,0	3,4	9,6	4,2	1,45	15,25	18,65	274,0	31,7	82,0 2,30

FONTE: LABORATÓRIO DE FERTILIDADE DE SOLOS, UFPR

A correção da fertilidade e acidez da área (FIGURA 9) foi realizada segundo recomendação de adubação e calagem da Comissão de Química e Fertilidade do Solo de RS e SC (SBCS, 2004) para *Mentha* spp.. Foram incorporados 10 kg.ha⁻¹ de N utilizando uréia, 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de super fosfato triplo, 30 kg.ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio e 1,4 t.ha⁻¹ de calcário tipo Filler (PRNT 100%). A adubação de cobertura foi realizada com 10 kg.ha⁻¹ de N aos 30 dias após o plantio.

Os fertilizantes e o calcário foram incorporados simultaneamente por gradagem em área total de 406 m².

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 3, totalizando 9 tratamentos com quatro repetições, cada qual com 4 plantas na parcela útil e espaçamento de 1,0 x 1,0 m.

Os tratamentos incluíram a aplicação de GA₃ na forma do produto comercial Pro Gibb[®] contendo 10% de GA₃; a citocinina na forma do extrato de alga marinha *Ascophyllum nodosum* a 29% da marca Acadian, em 3 concentrações isoladas e combinadas sendo: o GA₃ nas concentrações de 0, 100 e 200 mg.L⁻¹ e o EAM nas concentrações de 0, 15 e 30 mg.L⁻¹.

Foram realizadas três colheitas de inflorescências em botões e antese de todas as plantas e duas aplicações de GA₃ e EAM (FIGURA 9). Nas duas aplicações dos tratamentos as plantas encontravam-se sem inflorescências.

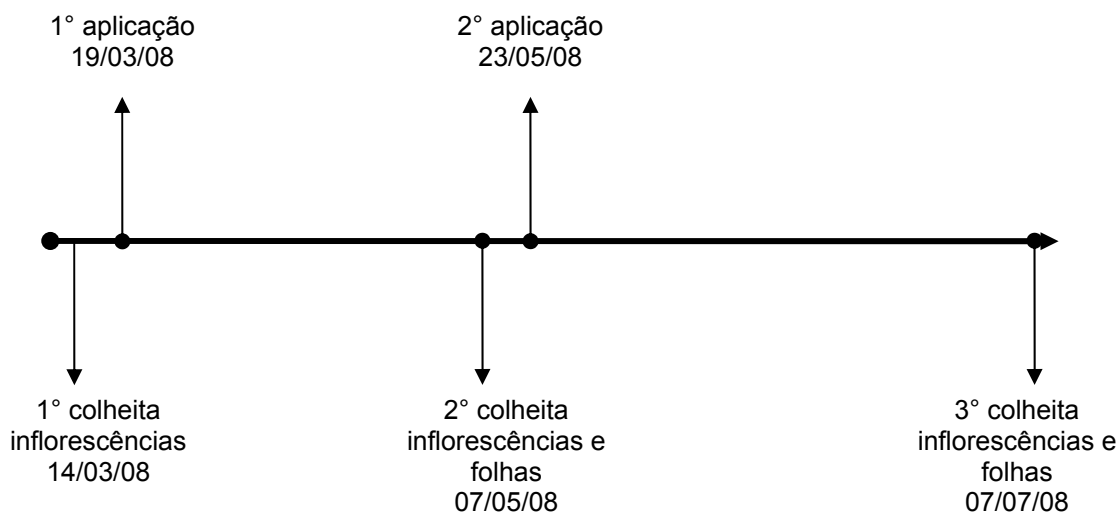


FIGURA 9-ESCALA DE AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO DE *L. dentata* L. CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR.

As exsicatas do material utilizado neste experimento encontram-se depositadas no Herbário do Departamento de Botânica do Setor de Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, sob o registro N° UPCB 61305, e no Herbário das Faculdades Integradas Espírita (HFE), Curitiba, PR, sob o registro N° 7207.

Preparou-se 1 L de solução aquosa para concentração de GA₃ e EAM para a primeira aplicação. As aplicações foram realizadas com equipamento de pulverização pressurizado por CO₂ com vazão e pressão constante (40 psi). O tempo de pulverização foliar na primeira aplicação para cada planta foi de 6 s e o volume de 50 ml (FIGURA 10 A).

Para a segunda aplicação, preparou-se 2 L de solução aquosa para cada concentração de GA₃ e EAM, devido ao desenvolvimento das plantas. A segunda aplicação foliar também foi realizada, com equipamento de pulverização pressurizado por CO₂ com vazão e pressão (40 psi) constantes, porém, o tempo de pulverização foi de 10 s e o volume de 100 mL, devido ao desenvolvimento das plantas (FIGURA 10 B).



FIGURA 10- APLICAÇÃO FOLIAR DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA EM *L. dentata* L., (A) PRIMEIRA APLICAÇÃO (MAR., 2008) E (B) SEGUNDA APLICAÇÃO (MAIO, 2008). CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR.

O desenvolvimento vegetativo da planta foi avaliado após cada aplicação dos tratamentos sendo determinado o número de inflorescências em botões e antese, massa fresca e seca total e rendimento de óleo essencial de botões, inflorescências na antese e folhas separadamente.

A classificação dos estádios de desenvolvimento das inflorescências em botões e antese foi realizada considerando o comprimento da estrutura, sendo botão com até 3 cm de comprimento (FIGURAS 11A e 11B) e antese acima de 3 cm de comprimento (FIGURAS 11C e 11D).

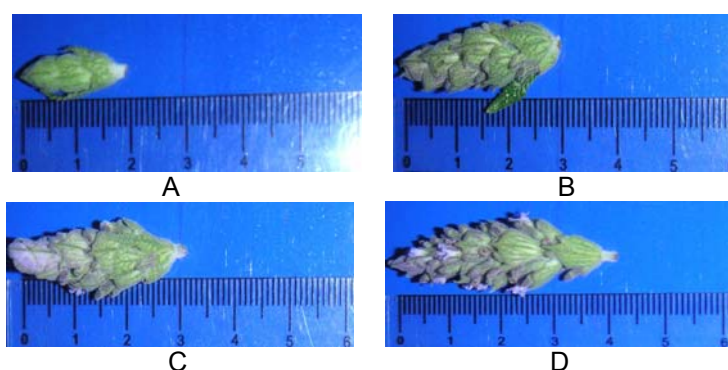


FIGURA 11-CLASSIFICAÇÃO DAS INFLORECÊNCIAS DE *L. dentata* L.,CEEEx, UFPR, PINHAIS, PR, MAIO, 2008.

A segunda avaliação do desenvolvimento vegetativo das plantas ocorreu após a segunda aplicação dos tratamentos. Foram colhidas as inflorescências em botões e antese e folhas das plantas, sendo realizada a contagem do número de

botões e antese, massa fresca e seca total e rendimento do óleo essencial da folhas. As extrações de óleo essencial com os botões e antese não foram realizadas, devido à intensa geada que ocorreu nos dias 09 e 10 de junho de 2008, ocasionando baixo desenvolvimento da planta (FIGURA 12A) e perda das inflorescências (FIGURA 12B).



A



B

FIGURA 12-(LAVANDA) *L. dentata* L. GEADA EM 09 E 10 DE JUNHO DE 2008, CEEEx E DFF, UFPR, CURITIBA, PR, JUL., 2008.

4.2.3. Extração de Óleo Essencial

As extrações do óleo essencial das inflorescências em botões e antese e das folhas de *L. dentata* de ambas as colheitas, foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná. Na segunda colheita, utilizou-se 30 g de cada material vegetal (botões, antese e folhas) frescos e na terceira colheita utilizou-se 50 g de folhas frescas. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação durante 2 h em aparelho graduado de Clevenger e balão volumétrico de 2 L (FIGURA 13A),. O óleo extraído (FIGURA 13B) foi transferido para tubos tipo eppendorf. O rendimento de óleo essencial foi determinado com o auxílio de micropipetas de precisão (0-100 µL), sendo as amostras mantidas congeladas a -18°C até o momento da análise. Para a determinação da massa seca, 10 g de amostra de cada material vegetal foram mantidas em estufa a 65°C, até peso constante.



FIGURA 13-EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL POR HIDRODESTILAÇÃO EM APARELHO CLEVENGER, DFF, UFPR, CURITIBA, PR, MAIO/JUL., 2008.

4.2.4. Caracterização química do óleo essencial

A caracterização química do óleo essencial das inflorescências e folhas de *L. dentata* foi realizada pela EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro.

A quantificação dos constituintes do óleo essencial das inflorescências em botões e antese e folhas de *L. dentata*, foi realizada por cromatografia a gás, em equipamento Agilent 6890N, equipado com detector de ionização por chama, operado a 250°C e uma coluna HP5 (30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme líquido), utilizando-se hidrogênio como gás de arraste (1,0 mL.min⁻¹). Foi injetado 1,0 µL de amostra em injetor aquecido a 250°C operando no modo com divisão de fluxo (1:20). A programação de temperatura do forno foi de 60°C a 240°C, a uma taxa de aquecimento de 3°C.min⁻¹ com 50 min de tempo total da corrida. Para a quantificação foram utilizados os valores de área normalizada, expressos em porcentagem.

Os espectros de massas foram obtidos em cromatógrafo Agilent 6890N acoplado a detector seletivo de massas Agilent 5973N, equipado com uma coluna capilar HP5MS (30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme líquido) utilizando hélio como gás carreador (1,0 mL.min⁻¹), nas mesmas condições utilizadas acima. O detector foi operado no modo impacto de elétrons, com energia de ionização de 70eV. Os índices de retenção para o óleo essencial das flores e folhas foram calculados após a injeção de uma série homóloga de n-

alcanos, nas mesmas condições utilizadas para as amostras. A identificação dos constituintes do óleo foi realizada por comparação dos índices de retenção calculados com os valores da literatura (ADAMS, 2001) e pela comparação dos espectros de massas obtidos com os da biblioteca Wiley 6th edition.

4.2.5. Análise estatística

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.4 beta (SILVA e AZEVEDO, 2006). As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Desenvolvimento vegetativo

Houve efeito significativo da aplicação dos reguladores de crescimento na biomassa de botões e inflorescências de *L. dentata*. O GA₃ aplicado isoladamente não afetou a biomassa de botões, porém houve redução com a aplicação de 15 mg.L⁻¹ de EAM. Maiores médias de biomassa de botões foram observadas com a aplicação de 200 mg.L⁻¹ de GA₃ combinado com 15 mg.L⁻¹ de EAM (TABELA 6).

TABELA 6- BIOMASSA SECA (kg.ha⁻¹) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA ₃ (mg.L ⁻¹)	Extrato de alga marinha (mg.L ⁻¹)		
	0	15	30
0	21,39 Aa	18,68 Ab	22,13 Aa
100	22,38 Aa	23,22 Ab	26,21 Aa
200	17,53 Ba	28,56 Aa	21,54 Ba

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ resultou em aumento da biomassa de inflorescências de *L. dentata*, porém não houve efeito da aplicação isolada de EAM. Quando os reguladores foram aplicados de forma combinada, observou-se média inferior de biomassa após utilização de 200 mg.L⁻¹ GA₃ e 15 mg.L⁻¹ de EAM. (TABELA 7). Estes resultados diferem daqueles encontrados em outras espécies aromáticas. A aplicação de 50 e 100 mg.L⁻¹ de GA₃ em capim-limão [*C. citratus* (DC.)] não afetou a biomassa quando comparado às plantas não tratadas (FIGUEIREDO et al., 2006). Storck (2008) observou aumento na massa seca de folhas de *P. cablin* quando aplicou 15 mg.L⁻¹ de EAM, mas quando combinado com 200 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziu a massa seca foliar. Em *O. basilicum*, a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de cinetina aumentou a massa seca e a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ manteve estável a taxa de crescimento (BARREIRO et al., 2006).

TABELA 7- BIOMASSA SECA ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA_3 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Extrato de alga marinha ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		
	0	15	30
0	90,80 Ab	86,93 Aa	101,46 Aa
100	123,48 Aa	74,00 Ba	106,96 Aa
200	102,84 Aab	75,22 Ba	96,27 Bb

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve aumento relativo no número das inflorescências de *L. dentata* com a aplicação de EAM. No entanto, após a aplicação de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de GA_3 foi observada redução do número relativo de inflorescências (TABELA 8). Da mesma forma, o número de inflorescências foi menor quando aplicou-se $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de GA_3 combinado a $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de EAM. Em manjerição (*O. basilicum*) a cinetina aumentou a expansão celular e promoveu atraso na senescência (BARREIRO et al., 2006).

TABELA 8 - VARIAÇÃO RELATIVA DO NÚMERO DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NA PRIMEIRA COLHEITA, APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA-PR, MAIO, 2008.

GA_3 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	Extrato de alga marinha ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		
	0	15	30
0	2,15 Aa	1,80 Aab	2,14 Aa
100	1,59 Bb	2,23 Aa	2,03 ABa
200	1,84 Aab	1,51 Ab	1,80 Aa

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na segunda aplicação, houve aumento significativo na biomassa das inflorescências em botões, quando o GA_3 e EAM foram aplicados isoladamente e combinados. Para a aplicação de GA_3 na concentração de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ combinado com $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de EAM, houve redução na biomassa. Por outro lado, maiores médias de biomassa de botões foram observadas com a aplicação de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de GA_3 com $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de EAM (TABELA 9).

TABELA 9-BIOMASSA (kg.ha^{-1}) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008.

GA_3 (mg.L^{-1})	Extrato de alga marinha (mg.L^{-1})		
	0	15	30
0	13,88 Bb	27,78 Aa	25,80 Aa
100	25,88 Aa	12,17 Bb	34,97Aa
200	26,44 Aa	29,33 Aa	28,69 Aa

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No acúmulo de biomassa das inflorescências na antese da colheita de julho - 2008 não houve efeito do GA_3 . Por outro lado, a aplicação de 15 mg.L^{-1} de EAM reduziu o acúmulo de biomassa (TABELA 10). De forma contrária, a aplicação de 10 mg.L^{-1} de cinetina em *Rosa damascena* aumentou o número de flores, enquanto o GA_3 reduziu o período de florescimento (FAROOQI et al., 1993² citado por SANGWAN et al., 2001). E em *L. vera* e *M. suaveolens*, a aplicação de diferentes fontes de citocinina (zeatina, benzilaminopurina, cinetina e difeniluréia) não favoreceram o acúmulo de biomassa (EL-KELTAWI e CROTEAU, 1987).

TABELA 10-BIOMASSA SECA (kg.ha^{-1}) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008.

GA_3 (mg.L^{-1})	Extrato de alga marinha (mg.L^{-1})			MÉDIA
	0	15	30	
0	38,61	31,92	44,34	38,29 ^{ns}
100	41,24	30,34	41,06	37,55 ^{ns}
200	45,13	27,91	44,09	39,04 ^{ns}
MÉDIA	41,66 a	30,06 b	43,16 a	

Médias com a mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo

Na segunda colheita, também foi avaliado o aumento relativo no número de inflorescências entre as duas aplicações dos tratamentos. Contudo, a utilização de GA_3 e do EAM não resultou em aumento das inflorescências na colheita de julho. No entanto, o número de inflorescências após aplicação de 100 mg.L^{-1} de GA_3 combinado a 15 mg.L^{-1} de EAM foi inferior aos demais tratamentos (TABELA 11).

² *Ibid.*, p. 53.

TABELA 11- VARIAÇÃO RELATIVA DO NÚMERO DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NA SEGUNDA COLHEITA, APÓS A SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA-PR, JUL., 2008.

GA ₃ (mg.L ⁻¹)	Extrato de alga marinha (mg.L ⁻¹)		
	0	15	30
0	1,03 Aa	1,10 Aa	1,07 Aa
100	1,08 Aa	0,69 Bb	0,96 ABa
200	1,14 ABa	1,39 Aa	0,96 Ba

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando a variação relativa no número de inflorescências entre a colheita realizada em maio e julho, observou-se na colheita de julho menor produção no número de inflorescências. É provável, que os efeitos climáticos de baixa temperatura entre a 2ª aplicação (maio) e a colheita (julho) e a forte geada (09 e 10 de junho), podem ter influenciado o florescimento, ocasionando perdas e florescimento tardio. Segundo Monaghan et al. (2004) um período de vernalização (nove semanas 4°C e elevação para 20°C) aumentou o florescimento de *L. angustifolia* 'Hidcote'. No caso da primeira aplicação que foi realizada em março, a temperatura permaneceu entre 13 a 25°C no mês que antecedeu a colheita, o que pode ter favorecido o maior desenvolvimento vegetativo e, em consequência, o florescimento.

4.3.2. Teor e produtividade do óleo essencial das inflorescências

Houve interação da aplicação dos tratamentos no teor de óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* no estágio de botões e flores. No entanto, a utilização do GA₃ e do EAM reduziu o teor do óleo essencial dos botões, da mesma forma que após a utilização de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ com 15 mg.L⁻¹ de EAM (TABELA 12).

TABELA 12-TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA_3 (mg.L^{-1})	Extrato de alga marinha (mg.L^{-1})		
	0	15	30
0	21,96 Aa	18,12 ABa	15,89 Bab
100	15,10 ABb	11,46 Bb	19,24 Aa
200	13,28 Bb	19,28 Aa	11,28 Bb

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade (L.ha^{-1}) do óleo essencial dos botões de *L. dentata* com a aplicação de GA_3 foi inferior à testemunha, assim como com a aplicação de 15 mg.L^{-1} de EAM. No entanto, maiores produtividades foram obtidas quando 200 mg.L^{-1} de GA_3 foi combinado a 15 mg.L^{-1} de EAM (TABELA 13).

TABELA 13-PRODUTIVIDADE (L.ha^{-1}) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA_3 (mg.L^{-1})	Extrato de alga marinha (mg.L^{-1})		
	0	15	30
0	0,48 Aa	0,34 Ab	0,35 Aab
100	0,33 ABb	0,26 Bb	0,46 Aa
200	0,23 Bb	0,56 Aa	0,25 Bb

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A aplicação foliar de 30 mg.L^{-1} BAP em *T. vulgaris* aumentou o teor de óleo essencial (36%) em plantas colhidas antes do florescimento (julho). Por outro lado, plantas colhidas em novembro e abril apresentaram redução no teor de óleo essencial quando se aplicou BAP nas concentrações de 30 e 60 mg.L^{-1} (REDA et al., 2005). Comportamento semelhante foi observado para a aplicação do GA_3 nas concentrações 30 e 60 mg.L^{-1} , com aumento no teor de óleo essencial. A aplicação de 100 mg.L^{-1} de GA_3 também favoreceu a produção do óleo essencial em *S. officinalis*. Efeito contrário foi observado pelos autores quando aplicaram 100 mg.L^{-1} de citocinina (POVH e ONO, 2006). Os autores também observaram aumento no teor de óleo essencial após a aplicação de Stimulate® 2% (50 mg de IBA, 90 mg de BAP e 50 mg de GA_3).

Aplicações de concentrações isoladas de GA₃ não afetaram o teor de óleo essencial das inflorescências em antese; o mesmo observou-se para a aplicação isolada de 15 mg.L⁻¹ de EAM. Porém, a aplicação isolada do EAM na concentração de 30 mg.L⁻¹ e combinada com 200 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziu o teor de óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* neste estágio (TABELA 14).

TABELA 14-TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA ₃ (mg.L ⁻¹)	Extrato de alga marinha (mg.L ⁻¹)		
	0	15	30
0	7,29 Aa	8,51 Aab	2,76 Bb
100	9,09 Aa	7,60 Ab	7,85 Aa
200	8,64 Aa	9,66 Aa	1,61 Bb

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Sudriá et al., (2001), a aplicação de 0,1 mg.L⁻¹ de BAP em meio de cultura para *L. dentata*, aumentou o teor do óleo essencial e quando combinada com ácido indolbutírico reduziu o teor. Para os autores, o aumento no teor de óleo essencial está relacionado com o aumento do número de tricomas glandulares e a melhora na integridade da estrutura celular. O EAM possui efeito retardante da senescência mantendo a integridade da membrana do tonoplasto (ZHANG e ERVIN, 2004).

Para a produtividade (L.ha⁻¹) do óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* no estágio de antese, a aplicação isolada de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ favoreceu o aumento, porém, quando combinado ao EAM nas concentrações de 15 e 30 mg.L⁻¹, observou-se redução na produtividade. A aplicação isolada do EAM na concentração de 15 mg.L⁻¹ não afetou a produtividade, no entanto, quando na concentração de 30 mg.L⁻¹ do EAM reduziu a produtividade. Da mesma forma, 30 mg.L⁻¹ de EAM combinado a 200 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziu significativamente a produtividade do óleo essencial das inflorescências em antese (TABELA 15). Resultados semelhantes foram observados em *S. officinalis*, que a aplicação foliar de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ também aumentou o teor de óleo essencial da parte aérea, mas a aplicação de BAP na concentração de 100 mg.L⁻¹ reduziu (POVH e ONO, 2006). Segundo os autores o GA₃ promoveu o alongamento caulinar, aumentou o número de ramificações e a

formação de folhas na planta, assim este aumento na biomassa resultou em maior produtividade de óleo essencial.

TABELA 15-PRODUTIVIDADE ($L \cdot ha^{-1}$) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA_3 ($mg \cdot L^{-1}$)	Extrato de alga marinha ($mg \cdot L^{-1}$)		
	0	15	30
0	0,66 Ac	0,74 Aa	0,28 Bb
100	1,12 Aa	0,55 Ca	0,83 Ba
200	0,89 Ab	0,72 Aa	0,12 Bb

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Desta forma, o aumento na produtividade do óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* no estágio de antese, com a aplicação de GA_3 na concentração de $100 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ está associado ao aumento da biomassa. Resultados semelhantes foram encontrados em folhas de *P. cablin*; a aplicação isolada de $200 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de GA_3 e $15 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de EAM aumentou o teor de óleo essencial e a combinação de $200 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de GA_3 a $30 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de EAM reduziu. No entanto, a utilização de $200 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de GA_3 combinado a $15 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de EAM reduziu o teor de óleo nas folhas de *P. cablin* (STORCK, 2008). Segundo Figueiredo et al., (2006), o GA_3 , nas concentrações de 50 e $100 \text{ mg} \cdot L^{-1}$, aumentou a biomassa fresca de capim-limão (*C. citratus*), colhido no verão. Em *Artemisia annua* o aumento no teor de óleo em plantas colhidas com 20 semanas de idade foi atribuído à aplicação de GA_3 que contribuiu para o aumento da produção de massa seca (FAROOQI et al., 1996).

Nas condições deste experimento, a produtividade do óleo essencial com o EAM isolado na concentração de $15 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ não teve efeito e com aumento da concentração para $30 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ a produtividade do óleo essencial reduziu. Em *L. vera*, foram testadas diferentes fontes de citocinina (cinetina, difeniluréia, benzilaminopurina e zeatina); a cinetina na concentração de $4 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ aumentou o teor de óleo em 30%, enquanto $1 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ de BAP resultou em aumento (100%) comparado à testemunha (EL-KELTAWI e CROTEAU, 1987).

4.3.3. Teor do óleo essencial das folhas

Houve interação entre os tratamentos no teor de óleo essencial das folhas de *L. dentata* na colheita de maio-2008. A aplicação de concentrações isoladas de GA₃ não influenciou o teor de óleo essencial das folhas. Porém, após a aplicação de 30 mg.L⁻¹ de EAM resultou em menor teor de óleo essencial. A utilização das concentrações máximas combinadas de GA₃ e EAM reduziu significativamente o teor de óleo essencial das folhas, assim como a aplicação de GA₃ na concentração de 200 mg.L⁻¹ combinado a 15 mg.L⁻¹ de EAM (TABELA 16). Resultados semelhantes foram observados em capim-limão (*C. citratus*), em que a aplicação de GA₃ nas concentrações de 50 e 100 mg.L⁻¹ não teve efeito sobre o teor de óleo essencial (FIGUEIREDO et al., 2006). Já a aplicação de BAP na concentração de 100 mg.L⁻¹ reduziu o teor de óleo essencial da parte aérea de *S. officinalis* (POVH e ONO, 2006).

TABELA 16-TEOR (μL.g⁻¹ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *L. dentata* L. APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

GA ₃ (mg.L ⁻¹)	Extrato de alga marinha (mg.L ⁻¹)		
	0	15	30
0	11,30 Aa	9,33 Aa	6,01 Bb
100	11,13 Aa	10,35 Aa	9,49 Aa
200	11,56 Aa	8,51 Ba	4,25 Cb

Médias com mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na colheita de julho, o teor de óleo essencial das folhas de *L. dentata* não foi afetado pela aplicação do EAM. Da mesma forma, a combinação dos tratamentos não influenciou no teor de óleo. Observou-se efeito isolado do GA₃, no qual a utilização deste regulador vegetal reduziu o teor de óleo essencial quando comparado ao tratamento controle (TABELA 17). A aplicação foliar de 50 mg.L⁻¹ de GA₃ e 50 mg.L⁻¹ de BAP, também não influenciou no teor de óleo essencial de menta (*M. x piperita*), entretanto após segunda aplicação destes reguladores apresentou redução do teor de óleo essencial (SCAVRONI et al., 2006).

TABELA 17-TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *L. dentata* L. APÓS A SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008.

GA_3 (mg.L^{-1})	Extrato de alga marinha (mg.L^{-1})			MÉDIA
	0	15	30	
0	15,64	14,09	15,31	15,01 A
100	11,97	12,97	12,14	12,36 B
200	7,52	10,67	12,33	10,17 C
MÉDIA	11,71 ^{ns}	12,58 ^{ns}	13,26 ^{ns}	

Médias com a mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.4. Composição do óleo essencial das inflorescências

Foram identificados 15 constituintes no óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* nos estádios de botões e flores. No entanto, foram considerados para avaliação os constituintes majoritários α -pineno, β -pineno, limoneno, 1,8-cineol, fenchona, linalol, α -fenchol e cânfora. A aplicação dos tratamentos influenciou nos teores dos constituintes presentes no óleo essencial das inflorescências de *L. dentata* no estágio de botões. Os constituintes α -pineno, β -pineno e limoneno apresentaram aumento em relação ao tratamento testemunha, com a aplicação das concentrações isoladas de 15 mg.L^{-1} de EAM e de 200 mg.L^{-1} de GA_3 , nas concentrações combinadas de 15 mg.L^{-1} de EAM com 100 e 200 mg.L^{-1} de GA_3 , e de 30 mg.L^{-1} de EAM combinado a 100 mg.L^{-1} de GA_3 . De forma contrária, a aplicação de 15 e 30 mg.L^{-1} de EAM e a combinação de 30 mg.L^{-1} de EAM com 200 mg.L^{-1} de GA_3 reduziram os teores destes constituintes (TABELA 18).

TABELA 18-CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES, APÓS APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

Constituinte (%)	Concentração (mg.L ⁻¹)									
	GA ₃	0	0	0	100	100	100	200	200	200
	EAM	0	15	30	0	15	30	0	15	30
α-Pineno		1,3	2,6	1,3	1,4	2,4	2,3	2,4	1,9	0,4
β-Pineno		3,9	5,8	3,0	3,7	5,1	5,0	5,4	4,7	1,9
Limoneno		3,6	4,7	2,7	3,6	4,6	3,8	4,2	4,0	2,6
1,8-Cineol		21,7	22,6	12,0	18,5	19,4	21,7	22,7	20,5	15,6
Fenchona		10,9	10,9	6,8	9,8	9,6	10,4	11,1	10,4	10,4
Linalol		3,6	3,8	2,9	3,9	3,7	3,8	3,8	3,6	4,3
α-Fenchol		6,1	5,8	4,5	6,0	5,7	5,8	6,0	5,9	7,1
Cânfora		14,6	14,3	10,4	13,6	13,4	14,5	15,0	14,4	14,7
% Identificados		65,7	70,4	40,8	60,5	63,9	67,2	70,5	65,3	56,9
Outros Monoterpenos		14,7	15,4	13,1	15,1	14,6	16,0	14,6	16,0	13,4
Outros Sesquiterpenos		19,6	14,2	43,5	24,4	21,5	16,8	14,9	18,7	29,7
% Total		100,0	100,0	97,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

O teor do constituinte 1,8-cineol aumentou com a aplicação isolada de 15 mg.L⁻¹ de EAM e com 200 mg.L⁻¹ de GA₃, porém, a aplicação de 30 mg.L⁻¹ de EAM isolado e combinado a 200 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziu significativamente o teor de 1,8-cineol no óleo essencial. A aplicação isolada de 30 mg.L⁻¹ de EAM também reduziu os teores de todos os constituintes do óleo essencial das inflorescências no estágio de botões de *L. dentata*.

No total de monoterpenos identificados, a aplicação isolada de 30 mg.L⁻¹ de EAM e 100 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziu o total de monoterpenos e aumentou o teor total de sesquiterpenos, de forma semelhante para a aplicação combinada de 200 mg.L⁻¹ de GA₃ com 30 mg.L⁻¹ de EAM.

Em folhas de *M. x piperita* as épocas de aplicação de BAP alteraram a composição do óleo essencial, para a qual, a aplicação aos 15 dias aumentou o teor de mentona e reduziu o mentol e aos 30 dias aumentou o teor de mentol e reduziu o de mentona, enquanto que a aplicação do GA₃ não alterou a composição do óleo. Para os autores o tempo de aplicação alterou a biossíntese dos constituintes (SCAVRONI et al., 2006).

Comparando os estádios de desenvolvimento do tratamento testemunha, observou-se que os constituintes monoterpenos hidrocarbonados, como α -pineno, β -pineno, limoneno apresentaram maior acúmulo no estágio de botões. Os monoterpenos oxigenados 1,8-cineol, fenchona e cânfora apresentaram maior acúmulo no estágio de antese (TABELA 19). Tem sido observado que o acúmulo de determinados constituintes no óleo essencial está relacionado com a maior expressão de genes e consequentemente maior atividade enzimática em tecidos jovens (DESCHAMPS et al., 2006).

TABELA 19-CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE, APÓS APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

Constituinte (%)	Concentração (mg.L ⁻¹)									
	GA ₃	0	0	0	100	100	100	200	200	200
	EAM	0	15	30	0	15	30	0	15	30
α -Pineno		1,0	2,1	1,0	1,0	2,4	1,6	1,8	1,5	0,8
β -Pineno		2,9	4,7	2,0	2,9	4,8	3,6	4,1	3,7	2,6
Limoneno		2,5	3,4	1,5	2,6	3,3	2,6	3,3	3,0	2,6
1,8-Cineol		25,3	26,7	11,2	23,5	27,8	24,1	25,8	25,6	24,8
Fenchona		12,9	12,8	7,8	12,8	12,7	12,1	12,6	12,5	12,7
Linalol		2,7	2,7	2,1	3,1	2,6	2,7	2,8	2,6	2,7
α -Fenhol		6,3	5,8	4,8	6,5	5,6	5,8	5,9	5,8	6,6
Cânfora		18,1	17,9	15,6	19,1	18,4	18,7	17,7	17,9	18,1
% Identificados		71,7	76,1	45,9	71,6	77,6	71,3	74,0	72,5	70,8
Outros Monoterpenos		14,9	15,1	17,7	15,2	14,7	16,5	15,0	15,6	13,6
Outros Sesquiterpenos		13,1	8,8	36,4	13,2	7,7	12,0	11,0	10,2	15,6
% Total		99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	100,0	98,3	100,0

Os tratamentos influenciaram de forma variada nos constituintes do óleo essencial das inflorescências de *L. dentata*. No estágio de antese a aplicação foliar de EAM isolado a 15 mg.L⁻¹ e combinada a 100 mg.L⁻¹ de GA₃ aumentou o teor do constituinte majoritário (1,8-cineol) em relação ao tratamento testemunha. Os teores dos demais constituintes majoritários presentes no óleo não se alteraram com estes tratamentos. Já a aplicação de 30 mg.L⁻¹ de EAM reduziu os teores de 1,8-cineol, cânfora, β -pineno, limoneno, fenchona, linalol, α -fenhol e cânfora.

Os teores dos constituintes linalol e cânfora aumentaram com a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃, porém, esta mesma concentração reduziu o teor de 1,8-cineol. Os constituintes α -pineno, β -pineno aumentaram com a aplicação das concentrações combinadas 100 mg.L⁻¹ de GA₃ a 30 mg.L⁻¹ de EAM. Por último a aplicação combinada de 200 mg.L⁻¹ de GA₃ a 30 mg.L⁻¹ de EAM reduziu o teor de α -pineno, enquanto 200 mg.L⁻¹ de GA₃ não alterou os teores dos constituintes.

A aplicação de concentrações máximas de citocinina (4 mg.L⁻¹ de cinetina, 10 mg.L⁻¹ de difeniluréia, 4 mg.L⁻¹ de benzilaminopurina e 4 mg.L⁻¹ de zeatina) em *L. vera* alterou os teores dos constituintes borneol e 1,8-cineol presentes no óleo essencial. Nos demais constituintes as variações foram pequenas (EL-KELTAWI e CROTEAU, 1987).

4.3.5. Composição do óleo essencial das folhas

Foram identificados 38 constituintes no óleo essencial das folhas de *L. dentata*, no entanto, foram considerados oito constituintes majoritários para a avaliação da composição do óleo essencial.

A utilização de GA₃ e do extrato de alga marinha alterou os teores dos constituintes majoritários do óleo essencial das folhas de *L. dentata* (TABELA 20). A aplicação de 30 mg.L⁻¹ de EAM isolado e combinado a 200 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziu os teores dos monoterpenos: α -pineno, β -pineno, limoneno, 1,8-cineol, quando comparado ao tratamento controle. Da mesma forma a combinação de 15 mg.L⁻¹ de EAM a 200 mg.L⁻¹ de GA₃, reduziu os teores dos 1,8-cineol, fenchona, linalol, α -fenchol e cânfora.

TABELA 20-CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *L. dentata* L. APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008.

Constituinte (%)	Concentração (mg.L ⁻¹)									
	GA ₃	0	0	0	100	100	100	200	200	200
	EAM	0	15	30	0	15	30	0	15	30
α-Pineno		1,6	1,8	0,7	1,8	1,8	1,7	1,4	1,1	1,0
β-Pineno		3,1	3,3	1,6	3,3	3,3	3,0	3,0	2,2	2,2
Limoneno		2,7	2,8	1,6	2,6	2,4	2,4	2,8	1,9	2,2
1,8-Cineol		20,2	20,9	19,1	24,5	23,4	21,1	23,5	16,6	16,6
Fenchona		11,2	12,0	12,0	13,8	13,0	12,1	13,1	9,7	9,8
Linalol		4,1	4,2	4,4	5,0	4,5	4,7	4,6	3,6	3,9
α-Fenchol		8,2	8,9	10,3	9,7	9,3	8,9	9,2	7,2	7,8
Cânfora		13,5	15,1	15,0	16,9	15,6	14,7	15,4	12,6	12,4
% Identificados		64,6	69,0	64,7	77,6	73,3	68,6	73,0	54,9	55,9
Outros Monoterpenos		12,0	13,2	12,6	12,3	13,1	13,1	11,7	11,6	11,3
Outros Sesquiterpenos		23,3	17,8	22,7	10,1	13,6	18,3	15,3	33,5	32,8
% TOTAL		99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A aplicação isolada de 100 e 200 mg.L⁻¹ de GA₃ e a combinação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ a 15 mg.L⁻¹ de EAM aumentou os teores de 1,8-cineol e fenchona no óleo essencial. O teor de α-fenchol aumentou com a aplicação isolada de 30 mg.L⁻¹ de EAM, 100 e 200 mg.L⁻¹ de GA₃ e com 100 mg.L⁻¹ de GA₃ combinado com 15 mg.L⁻¹ de EAM. No óleo essencial de *Artemisia annua* o teor de artemisina aumentou com a aplicação de GA₃ (FAROOQI et al., 1996).

O teor de cânfora aumentou com a aplicação de concentrações isoladas de GA₃ e EAM, e com a combinação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ a 15 e 30 mg.L⁻¹ de EAM.

De um modo geral a utilização do EAM nas concentrações 15 e 30 mg.L⁻¹ quando foram combinadas a 200 mg.L⁻¹ de GA₃ reduziram os teores de todos os constituintes presentes no óleo essencial das folhas de *L. dentata*.

A aplicação de BAP na concentração de 0,1 mg.L⁻¹ em meio de cultura para a parte aérea de *L. dentata*, reduziu os teores dos constituintes monoterpenos (hidrocarbonados, monoterpenos oxigenados), entre eles o 1,8-cineol, fenchol e borneol do óleo essencial de lavanda. Por outro lado, houve aumento dos teores da cânfora e dos sesquiterpenos (SUDRIÁ et al., 1999). Desta forma, os resultados encontrados para os constituintes 1,8-cineol, cânfora e os monoterpenos hidrocarbonados com a aplicação de EAM a 30 mg.L⁻¹, estão de acordo com Sudriá et al. (1999).

4.4. CONCLUSÕES

As aplicações de GA₃ e extrato de alga marinha alteram a biossíntese do óleo essencial das inflorescências e folhas de *L. dentata*.

Os efeitos das concentrações dos tratamentos na biomassa, na produtividade e na composição do óleo essencial estão associados aos estádios de desenvolvimento da planta e ao órgão de armazenamento.

A aplicação isolada de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ aumenta a biomassa na antese e com isso a produtividade do óleo essencial.

A biomassa de botões e inflorescências em antese aumenta com a aplicação de 100 mg.L⁻¹ de GA₃ combinado à 30 mg.L⁻¹ de EAM.

O aumento na produtividade do óleo essencial de botões e antese está associado à biomassa.

Os teores dos constituintes 1,8-cineol, fenchona e cânfora são maiores no óleo essencial das inflorescências na antese, enquanto o teor de α-fenhol é maior nas folhas, sendo o teor do linalol semelhante nas inflorescências e nas folhas.

A concentração máxima do EAM reduz os teores dos constituintes 1,8-cineol, fenchona, α-fenhol e cânfora do óleo essencial das inflorescências.

Os teores dos constituintes 1,8-cineol e fenchona no óleo essencial das folhas são menores após a aplicação do GA₃ na concentração máxima combinado ao EAM em ambas as concentrações.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. Identification of essential oil componentes by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. Carol Stream: Allured, 2001. 452 p.
- AMARAL, F. In: MORAES, R. Fragâncias : Espécies vegetais da Amazônia podem abrir mercados sofisticados para produção local. In: **Revista de Química e Derivados 40 ANOS** – on-line, n. 467, nov. 2007.
Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd466/cosmeticos1.html>> em: 23/01/08
- BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjerição tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, v. 65, p. 563-567, 2006. Nota.
- BOUSMAHA, L.; BEKKARA, F. A.; TOMI, F.; CASANOVA, J. Advances in the chemical composition of *Lavandula dentata* L. essential oil from Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, v. 17, p. 292-295, 2005.
- BRADLEY, B. F.; STARKEY, N. J.; BROWN, S. L.; LEA, R. W. Anxiolytic effects of *Lavandula angustifolia* odour on the Mongolian gerbil elevated plus maze. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 111, p. 517-525, 2007.
- CHÁVEZ, M. G. C. **Hidrodestilacion de aceites esenciales: modelado y caracterizacion**. 304 F. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Tecnologia do meio Ambiente, Universidade de Valladolid, Valladolid, 2007.
- CHU, C. J.; KEMPER, J. K. Lavender (*Lavandula spp*) **Longwood Herbal Task Force**, p. 1-32, 2001.
Disponível em <http://www.mcp.edu/herbal/> acesso em: 30/10/2006.
- CORSI, G; BOTTEGA, S. Glandular Hairs of *Salvia officinalis*: New Data on Morphology, Localization and Histochemistry in Relation to Function. **Annals of Botany**, v. 84, p. 657-664, 1999.
- DESCHAMPS, C.; GANG, D. DUDAREVA, N.; SIMONS, J, E. Developmental regulation of phenylpropanoid biosynthesis in leaves and glandular trichomes of basil (*Ocimum basilicum* L.). **International Journal of Plant Sciences**, v. 167, n. 3, p. 447-454, 2006.

DOB, T.; DAHMANE, D.; TAYEB, B.; CHELGHOUM, C. Chemical composition of the essential oil of *Lavandula dentata* L. from Algeria. **The International Journal of Aromatherapy**, v. 15, p. 110-114, 2005.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. In: Update on Biochemistry of Plant Volatiles. **Plant Physiology**, v. 135, p. 1893-1902, 2004.

EL-KELTAWI, N. E.; CROTEAU, R. Influence of applied cytokinins on growth and essential oil content of several members of the Lamiaceae. **Phytochemistry**, v. 26, n. 4, p. 891-895, 1987.

FAROOQI, A. H.; SHUKLA, A.; KHAN, A. Effect of plant age and GA₃ on artemisinin and essential oil yield in *Artemisia annua* L. **Journal Of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, v. 4, n. 1, p. 73-80, 1996.

FIGUEIREDO, R.O.; DELACHIAVE, M.E.A.; MING, L.C. Reguladores vegetais na produção de biomassa e teor de óleos essenciais em *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 3, p. 31-35, 2006.

GARCIA, R.; NORRIE, J. Fortified *Ascophyllum* marine plant extracts improve yield and quality of tomatoes and peppers. In: **Quartely Reports on Plant Growth Regulation and Activities of the PGRSA**, v. 32, n. 2, p. 54, 2004. Plant Growth Regulation Society of America. Resumo.

HAJHASHEMI, V.; GHANNADI, A.; SHARIF, B. Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill., **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89, p. 67-71, 2003.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR. **Comercialização e cessão de dados agrometeorológicos**. Curitiba, 2008.

KIM, N-S.; LEE, S-D. Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from *Lavandula* species by gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 982, p. 31-47, 2002.

MONAGHAN, J. M.; WURR, D. C. E.; FELLOWS, J. R. The effects of temperature and lighting on flowering of lavender (*Lavandula angustifolia* 'Hidcote'). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 79, n. 5, p. 811-817, 2004.

MOON, T.; WILKINSON, J. M.; CAVANAGH, H. M. A. Antibacterial activity of essential oils, hydrosols and plant extracts from Australian grown *Lavandula spp.* **The International Journal of Aromatherapy**, v. 16, p. 9-14, 2006.

MOON, T.; CAVANAGH, M. A.; WILKISON, J.N. Antifungal Activity of Australian Grown *Lavandula spp.* Essential Oils Against *Aspergillus nidulans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Leptosphaeria maculans* and *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal of Essential Oil Research**, v. 19, p. 171-175, 2007.

POVH, J. A.; ONO, E.O. Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* L. sob ação de reguladores vegetais. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 28, n. 3, p. 189-193, 2006.

REDA, F.; ABDEL-RAHIM, E. A.; EL-BAROTY, G. S. A.; AYAD, H. S. Response of essential oils, phenolic components and polyphenol oxidase activity of thyme (*Thymus vulgaris*, L.) to some bioregulators and vitamins. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 7, n. 5, p. 735-739, 2005.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, R. S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3-21, 2001.

SCAVRONI, J.; VASCONCELLOS, M. C.; VALMORBIDA, J.; FERRI, A. F.; MARQUES, M. O. M.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J. D. Rendimento e composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* L. submetida a aplicações de giberilina e citocinina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 40-43, 2006.

SILVA, E. T.; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 1, n. 1, p. 51-54, 2003.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the assistat-statistical assistance software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4. Orlando-FL-USA: Anais: Orlando: **American Society of Agricultural Engineers**, p. 393-396, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do solo. **Manual de Adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 1 ed. Porto Alegre, SBCE. Núcleo Regional Sul, 2004, 400 p.

STORCK, R. C. **Sombreamento, ácido giberélico e extrato de alga no desenvolvimento e produção de óleos essenciais em Patchouli.** 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SUDRIÁ, C.; PINOL, M. T.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R.; MORALES, C.; BONFILL, M.; CAÑIGUERAL, S. Influence of plant growth regulators on the growth and essential oil content of cultured *Lavandula dentata* plantlets. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 58, p. 177-184, 1999.

SUDRIÁ, C.; PALAZÓN, J.; CUSIDÓ, R.; BONFILL, M.; PINOL, M. T.; MORALES, C. Effect of benzyladenine and indolebutyric acid on ultrastructure, glands formation, and essential oil accumulation in *Lavandula dentata* plantlets. **Biologia Plantarum**, v. 44, n. 1, p.1-6, 2001.

WERKER, E. Trichome diversity and development. **Advances in Botanical Research**. v. 31, p. 1-35, 2000.

YUSUFOĞLU, A.; ÇELİK, H.; KIRBAŞLAR, G. F. Utilization of *Lavandula angustifolia* Miller extracts as natural repellents, pharmaceutical and industrial auxiliaries, **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 69, n. 1, p. 1-7, 2004.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science Society of America**, v. 44, 2004.

5. CAPITULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho avaliou-se o desenvolvimento, o teor, a produtividade e a composição do óleo essencial das inflorescências e das folhas de *L. dentata* L. da região de Curitiba-PR.

O aumento na demanda das indústrias farmacêuticas, de higiene, limpeza e medicina terapêutica, contribuiu para o aumento na importação do óleo essencial desta espécie. Portanto, este estudo poderá contribuir para ampliar o cultivo e a produtividade de *L. dentata*, diminuindo a importação do óleo essencial desta espécie.

A importância econômica de *L. dentata* está associada ao teor de óleo essencial das inflorescências, que neste estudo foram classificadas nos estádios de desenvolvimento de botão, pré-antese/antese e senescente. Observou-se que o estágio de botões apresentou teor superior em óleo essencial, porém a biomassa dos botões é inferior à inflorescência. Como a produtividade do óleo essencial está associada à biomassa, o estágio de antese apresentou produtividade superior de óleo essencial.

Embora as inflorescências de *L. dentata* sejam de maior interesse para a extração do óleo essencial, as folhas também possuem óleo essencial com rendimento e composição similares às inflorescências. Com isto, sugere-se realizar a extração do óleo essencial de toda a parte aérea da planta, (inflorescências e folhas).

Futuros estudos poderão ser realizados utilizando concentrações intermediárias de GA₃ entre 0 e 200 mg.L⁻¹ e EAM entre 0 e 30 mg.L⁻¹, com o objetivo de identificar a faixa em que ocorrem as alterações na produtividade do óleo essencial de *L. dentata*. Da mesma forma, avaliar outras épocas de colheita, considerando as condições climáticas da região. Em Curitiba, sugere-se iniciar as avaliações da época de colheita no início da primavera e finalizá-las antes do período de inverno.

APÊNDICES

APÊNDICE 1- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO. CURITIBA, PR, JAN./ABR., 2008. (TABELA 1)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	1	1,13296	1,13296	0,3040 ns
Fator 2 (F2)	2	1475,56214	737,78107	197,9595 **
Int F1xF2	2	54,77445	27,38722	7,3485**
Tratamentos	5	1531,46955	306,29391	82,1840 **
Resíduo	24	89,44632	3,72693	
Total	29	1620,91587		
C.V %	20,76			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 colheita, Fator 2 Estádio de desenvolvimento

APÊNDICE 2- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DE ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS E FOLHAS DE *L. dentata* L. EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO NA COLHEITA DE ABRIL. CURITIBA, PR, ABR., 2008. (TABELA 3)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	1	764,4691	764,4691	93,3619 **
Fator 2 (F2)	2	253,04713	126,52356	15,4519 **
Int F1xF2	2	273,24774	136,62387	16,6854 **
Tratamentos	5	1290,76399	258,1528	31,5273 **
Resíduo	24	196,51768	8,18824	
Total	29			
C.V %	19,68%			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 Órgão, Fator 2 Estádio de desenvolvimento

APÊNDICE 3- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA SECA ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 6)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	61916482,43	30958241,22	3.8277*
Fator 2 (F2)	2	70437653,41	35218826,70	4.3545*
Int F1xF2	4	238175898,81	59543974,70	7.3620**
Tratamentos	8	370530034,65	46316254,33	
Resíduo	27	218374977,80	8087962,14	
Total	35	588905012,45		
C.V %	12,69			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 = p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 4- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA SECA ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 7)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	21883752872,76	1091876436,38	5,8969**
Fator 2 (F2)	2	4374533365,79	2187266682,90	11,8127**
Int F1xF2	4	3725527668,98	931381917,24	5,0301**
Tratamentos	8	10283813907,53	1285476738	6,9424**
Resíduo	27	4999389922,62	185162589,7	
Total	35	15283203830,15		
C.V %	14,74			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 = p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 5- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIAÇÃO RELATIVA DO NÚMERO DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L., NA PRIMEIRA COLHEITA, APÓS A PRIMEIRA APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 8)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	0,6382	0,3191	3,3290 ns
Fator 2 (F2)	2	0,1433	0,0716	0,7475 ns
Int F1xF2	4	1,2743	0,3186	3,32238 *
Tratamentos	8	2,0558	0,2570	2,6810*
Resíduo	27	2,5879	0,0959	
Total	35	4,6436		
C.V %	16,31			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 = p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 6- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA (kg.ha⁻¹) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES, APÓS SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008. (TABELA 9)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	199906377,92	99953188,96	2,5662ns
Fator 2 (F2)	2	425188420,15	2125944210,07	5,4582*
Int F1xF2	4	1100305819,23	275076454,81	7,0624**
Tratamentos	8	1725400617,29	2156755077,16	5,5373**
Resíduo	27	1051630854,35	38949290,90	
Total	35			
C.V %	24,97			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Fator 1 GA₃, Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 7- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA (kg.ha⁻¹) DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008. (TABELA 10)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	13422872,01	6711436,00	0,1050ns
Fator 2 (F2)	2	1234893974,58	617446987,29	9,6592**
Int F1xF2	4	132043409,23	33010852,31	0,5164 ns
Tratamentos	8	1380360255,82	172545031,98	2,6993*
Resíduo	27	1725922160,41	63923042,98	
Total	35	3106282416,24		
C.V %	20,88			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Fator 1 GA₃, Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 8- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIAÇÃO RELATIVA DO NÚMERO DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L., NA SEGUNDA COLHEITA, APÓS A SEGUNDA APLICAÇÃO DE GA₃ E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008. (TABELA 11)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	0,4000	2,0168	5,5598 **
Fator 2 (F2)	2	0,0510	0,0257	0,7073 ns
Int F1xF2	4	0,6488	0,1622	4,4717 **
Tratamentos	8	1,1035	0,1379	3,8026 **
Resíduo	27	0,9794	0,0363	
Total	35	2,0829		
C.V %	18,23			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).

Fator 1 GA₃, Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 9- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 12)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	113,2199	56,6099	5,4915**
Fator 2 (F2)	2	10,5184	5,2592	0,5102 ns
Int F1xF2	4	324,9123	81,2281	7,8797**
Tratamentos	8	448,6505	56,0813	5,4403**
Resíduo	27	278,3309	10,3086	
Total	35	726,9814		
C.V %	19,85			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 10- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A PRODUTIVIDADE (L.ha^{-1}) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE BOTÕES APÓS APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 13)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	0,0133	0,0066	1,0642 ns
Fator 2 (F2)	2	0,01216	0,0061	0,9769 ns
Int F1xF2	4	0,37712	0,0943	15,1460 **
Tratamentos	8	0,4025	0,0503	8,0833**
Resíduo	27	0,1681	0,0062	
Total	35	0,5706		
C.V %	21,88			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 11- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TEOR ($\mu\text{L.g}^{-1}$ massa seca) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE, APÓS APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 14)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	26,2735	13,13673	9,5557**
Fator 2 (F2)	2	154,74848	77,37424	56,2823**
Int F1xF2	4	77,58795	19,39699	14,1094**
Tratamentos	8	258,6099	32,32625	23,5142**
Resíduo	27	37,11831	1,37475	
Total	35	295,72821		
C.V %	16,75			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 12- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A PRODUTIVIDADE ($L \cdot ha^{-1}$) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS INFLORESCÊNCIAS DE *L. dentata* L. NO ESTÁDIO DE ANTESE APÓS APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 15)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	0,5563	0,27812	21,3635**
Fator 2 (F2)	2	1,38986	0,69493	53,3794**
Int F1xF2	4	1,04119	0,2603	19,9941**
Tratamentos	8	2,98729	0,37341	28,6828**
Resíduo	27	0,3515	0,01302	
Total	35			
C.V %	17,41	3,33879		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 13- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TEOR ($\mu L \cdot g^{-1}$ massa seca) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *L. dentata* L. APÓS APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, MAIO, 2008. (TABELA 16)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	30,4328	15,21639	7,4204**
Fator 2 (F2)	2	136,58857	68,29429	33,3042**
Int F1xF2	4	33,67671	8,41918	4,1057**
Tratamentos	8	200,69806	25,08726	12,2340*
Resíduo	27	55,36678	2,05062	
Total	35	256,06483		
C.V %	15,73			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

APÊNDICE 14- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TEOR ($\mu L \cdot g^{-1}$ massa seca) DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *L. dentata* L. APÓS APLICAÇÃO DE GA_3 E EXTRATO DE ALGA MARINHA. CURITIBA, PR, JUL., 2008. (TABELA 17)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F Observado
Fator 1 (F1)	2	140,9005	70,45027	17,4289**
Fator 2 (F2)	2	14,44261	7,22131	1,7865ns
Int F1xF2	4	40,83451	10,20863	2,5255 ns
Tratamentos	8	196,17767	24,52221	6,0666**
Resíduo	27	109,1378	4,04214	
Total	35	305,31548		
C.V %	16,06			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$), ns não significativo ($p \geq 0.05$).
Fator 1 GA_3 , Fator 2 Extrato de Alga.

ANEXO

ANEXO 1- ANÁLISE DE SOLO PARA O CULTIVO DE L. DENTATA L., CENTRO EXPERIMENTAL DO CANGUIRI, PINHAIS, PR, OUT, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E
ENGENHARIA AGRÍCOLA

Solicitante: CICERO DESCHAMPS **Tel** 350-5687
Endereço:
Cidade: PIRAQUARA **Estado:** PR **Cep:**

CERTIFICADO N° 9879 **LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO-ROTINA+FRAÇÃO ARGILA** **Data:** 18/10/2007

N° LAB	Identificação da Amostra	pH		Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	T	P	S	C	V	m	Ca/Mg	Argila
		CaCl ₂	SMP														
46982	NOVA	6,10	6,50	0,00	3,40	9,60	4,20	1,45	15,25	18,85	274,00	-	31,7	82	0	2,3	425,0
46983	ANTIGA	5,90	6,30	0,00	4,00	7,70	3,30	1,15	12,15	16,15	158,00	-	32,9	75	0	2,3	400,0



Resultados restritos às amostras recebidas. Neste laudo não constam recomendações.

Prof. Luiz de Lucchesi, PhD., CREA-PR 10457-D
 Coord. Lab. de Fertilidade do Solo

Prof. Nerilde Favaretto, PhD., CREA-PR 70640-D
 Coord. Lab. de Física do Solo

Rua dos Funcionários, 1540 - Curitiba, PR - CEP 80035-050 - Fone (041) 350 5673 - E-mail: depsolos@ufpr.br